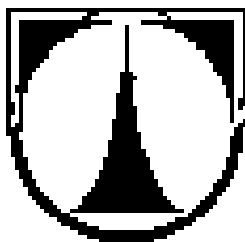


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2013**

**DANA KRAJCZYOVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: Management obchodu s oděvy, Prezenční forma

**VYUŽITÍ SMĚSOVÝCH TEXTILIÍ S VLÁKNY  
PROTEX-M PRO FUNKČNÍ PRÁDLO PRO  
EXTRÉMNÍ PODMÍNKY**

**THE USE OF TEXTILES BLENDED WITH  
FIBERS PROTEX-M FOR FUNCTIONAL  
UNDERWEAR FOR EXTREME CONDITIONS**

Dana Krajczyková

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Mgr. Marie Nejedly, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu	55
Počet obrázků	40
Počet tabulek	9
Počet stran příloh	2

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Dana Krajczyová  
Osobní číslo: T10000455  
Studijní program: B3107 Textil  
Studijní obor: Management obchodu s oděvy  
Název tématu: Využití směsových textilií s vlákny Protex-M pro funkční prádlo pro extrémní podmínky  
Zadávací katedra: Katedra oděvnictví

### Zásady pro vypracování:

1. Charakterizujte vlákna a vláknenné směsi využívané pro sekundární vrstvu zásahových oděvů (pro hasiče) - Modakrylová vlákna, Protex-M.
2. Zpracujte přehled směsových textilií doporučených výrobcí pro výrobu funkčního prádla.
3. Vyberte metody hodnocení vlastností směsových textilií v extrémních podmínkách dle vybraných ČSN.
4. Ověřte laboratorně odolnost směsových textilií pro výrobu funkčního prádla na přístrojích simulujících extrémní podmínky.
5. Vyhodnoťte výsledky zkoumaných směsových textilií a stanovte závěry.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Dokumentační materiály firmy Clevertex, [www.clevertex.cz](http://www.clevertex.cz).
- ČSN EN ISO 15025 Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Metoda zkoušení pro omezené šíření plamene.
- ČSN EN ISO 11612 Ochranné oděvy - Oděvy na ochranu proti teple a plameni.
- ČSN EN ISO 6942 Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sklovému teple.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Mgr. Marie Nejedlá, Ph.D.

Katedra oděvnictví

Konzultant bakalářské práce: Ing. Miroslav Tichý

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. května 2013

  
Ing. Jana Drašková, Ph.D.  
děkanka

L.S.

  
doc. Ing. Arnošt Hájek, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

## **PROHLÁŠENÍ**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 27. 5. 2013

Podpis.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé poděkování patří všem, kdo mají zásluhy při realizaci mé bakalářské práce. Tato práce vznikla pod odborným vedením paní Ing. Mgr. Marii Nejedlé, Ph.D. Tímto bych jí chtěla velmi poděkovat za cenné rady, podněty a připomínky, které přispěli ke konečné verzi práce. Také děkuji své rodině a svým blízkým, kteří mě vždy podporovali při studiu a zejména při psaní bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce se zabývá využitím směsových textilií s vlákny Protex-M pro funkční prádlo pro extrémní podmínky. Charakterizuje způsoby hodnocení hořlavosti směsových materiálů používané pro funkční prádlo. V experimentální části jsou zjištěny parametry hořlavosti a vliv tepla a ohně působící na směsovou textilií s vlákny Protex – M s ukázkou, jak se textilie chová a vypadá při působení tepla a ohně a do jaké míry je nehořlavá.

Zjištěné hodnoty jsou porovnány, vyhodnoceny a potvrzena vhodnost zkoumaných směsových textilií s vlákny Protex- M pro výrobu funkčního prádla používaného v extrémních podmínkách, avšak v kombinaci s odpovídajícím svrchním oděvem.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Modakrylová vlákna (Protex – M), Funkční prádlo, Hořlavost, Extrémní podmínky

## **ANNOTATION**

Bachelor work deals with the use of blended fiber fabrics Protex-M for functional underwear for extreme conditions. Characterize the mixed reviews fireproof materials used for functional underwear. In the experimental part are detected parameters flame resistance and the effect of heat and flame acting on a mixed fabric with fiber Protex - M with a demonstration of how the fabric looks and behaves when exposed to heat and fire and to what extent is non-flammable.

The determined values are compared, evaluated and confirmed the suitability of the examined fibers blended fabrics Protex-M for the production of functional clothing used in extreme conditions, but in combination with the appropriate outerwear.

**KEY WORDS:** Modacrylic fiber (Protex-M), Functional underwear, Flammability, Extreme condition

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
IZS	Integrovaný záchranný systém
VÚB	Výzkumný ústav bavlnářský
ČSN	Česká státní norma
LOI	(Limiting Oxygen Index) Limitní kyslíkové číslo
PES	Polyester
PAD	Polyamid
EPI	Epitropické vlákno
NV	Nařízení vlády



## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
1.1. OCHRANNÝ ZÁSAHOVÝ OBLEK PRO HASIČE.....	8
1.1.1. <i>Vnější vrstva.....</i>	9
1.1.2. <i>Vlhkostní bariéra.....</i>	10
1.1.3. <i>Tepelná bariéra .....</i>	11
1.1.4. <i>FUNKČNÍ SPODNÍ PRÁDLO .....</i>	11
1.2. CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI SPECIÁLNÍCH VLÁKEN .....	12
1.2.1. <i>Charakteristika – Aramidových vláken .....</i>	12
1.2.2. <i>Charakteristika – Modakrylových vláken „Protex M“ .....</i>	13
1.3. VÝROBCI FUNKČNÍHO PRÁDLA .....	14
1.3.1. <i>Firmy DEVA F-M s.r.o.....</i>	14
1.3.2. <i>Firmy ZAHAS s.r.o. ....</i>	15
1.3.3. <i>Firmy VÚB a. s.....</i>	15
1.4. KLASIFIKACE HOŘLAVOSTI A SAMOZÁPALNOSTI TEXTILÍ.....	16
1.4.1. <i>Testování zásahového obleku .....</i>	17
1.4.2. <i>Testování plošné textilie .....</i>	18
1.5. <i>LIMITNÍ KYSLÍKOVÉ ČÍSLO – (LIMITING OXYGEN INDEX- LOI).....</i>	19
1.6. ZKOUMANÉ SPECIÁLNÍ VLASTNOSTI FUNKČNÍHO PRÁDLA .....	20
1.6.1. <i>Nehořlavá úprava.....</i>	20
<b>2. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>23</b>
2.1. CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÝCH SMĚSOVÝCH TEXTILÍ .....	23
2.2. STANOVENÍ HOŘLAVOSTI PLOŠNÝCH TEXTILÍ.....	27
2.2.1. <i>Příprava vzorků.....</i>	27
2.2.2. <i>Průběh zkoušky – Šíření plamene do plochy .....</i>	27
2.2.2. <i>Průběh zkoušky - Šíření plamene do hrany .....</i>	31
2.3. STANOVENÍ HOŘLAVOSTI U PLOŠNÉ TEXTILIE S PROŠITÍM .....	35
2.4. ANALÝZA ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ SMĚSOVÝCH TEXTILÍ POD RASTROVACÍM MIKROSKOPEM.....	38
2.5. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK SMĚSOVÝCH TEXTILÍ POUŽITÉ NA FUNKČNÍ PRÁDLO .....	43

<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	53

## ÚVOD

V dnešní moderní době pozorujeme velký rozvoj nových textilních materiálů s použitím speciálních vláken, jejichž vývoj poskytuje nové možnosti odívání. Oděvy, jsou důležitou ochrannou člořeka, jelikož nám dodávají pocit bezpečí a dalo by se říci, že nám utváří druhou kůži, která nás chrání před nepříznivými podmínkami. Od samého počátku oděvy plnily a plní funkci ochrannou, estetickou a mimo jiné udávají společenské postavení. Oblečení, které máme v danou dobu na sobě, nás nejen chrání, ale také umožňuje změnit vzhled a vyjádřit, jak se v danou chvíli cítíme.

Dnes se vyrábějí speciální oděvy, které mají za úkol ochránit lidské tělo před extrémními a nepříznivými podmínkami a ochránit nejen zdraví, ale i lidské životy. Sem se řadí oděvy používané ve speciálních profesích, které se dostávají do již zmíněných podmínek téměř denně. Jedná se o sbory Integrovaného záchranného systému tj. Hasiče, Policii ČR, Armádu ČR a záchranáře. Ti dnes používají speciální oděvy, které musí splňovat přísná bezpečnostní kritéria, která se odvíjí od toho, pro jaký zásah budou použité. Například u hasičů je speciální oblečení nejdůležitější částí, která má za úkol nositeli zachránit život.

Vývoj a poznávání nových materiálů zajišťující bezpečí je v dnešní době velmi důležité. Existuje celá řada norem a metod pro zkoušení hořlavosti, které stanovují požadavky na provádění zkoušek nových textilií i jejich hodnocení, a tak chrání budoucího nositele oděvu.

Cílem bakalářské práce je, analyzovat potřeby ochranných oděvů pro záchranáře a laboratorně ověřit a zhodnotit parametry hořlavosti u nových směsových textilií s použitím modakrylových vláken Protex-M, které se používají při výrobě směsových textilií, určených pro výrobu funkčního prádla pro profesionální hasiče.

## 1. TEORETICKÁ ČÁST

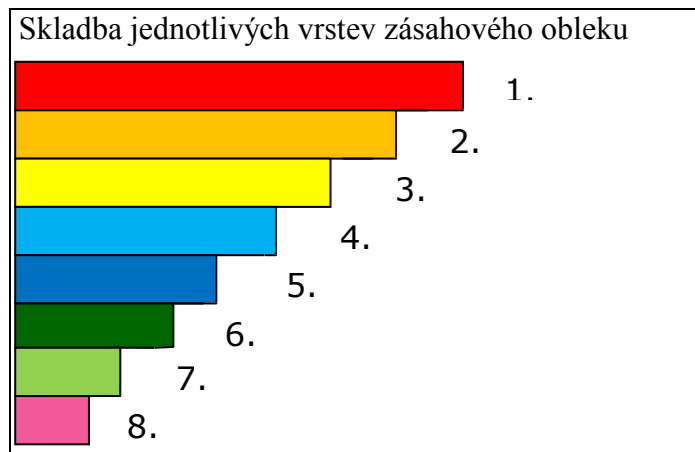
Požadavky na nehořlavé vlastnosti textilií, které mají chránit organismus člověka proti působení ohně a tepla vystavuje nařízení vlády NV 21/2003 Sb. Jsou v něm stanoveny technické požadavky na osobní ochranné prostředky. Podle nařízení vlády je konečné užití ochranných oděvů rozděleno do druhé a třetí kategorie.

Za ochranný oděv druhé kategorie se považuje například funkční nehořlavé spodní prádlo, které používají hasiči je to tzv. sekundární ochrana. Do třetí kategorie spadají ochranné oděvy, které jsou určeny k ochraně života nebo k ochraně proti rizikům úrazu. Do těchto oděvů spadají speciální zásahové oděvy pro hasiče tzv. primární ochrana.

Vybavení profesionálních, ale také dobrovolných hasičů se měnilo od vzniku těchto sborů až po současnost. Dnes máme možnost vidět a seznámit se s vybavením, které používali hasiči v minulosti pouze při slavnostech nebo návštěvě muzea. Dnes je tato technika a ochranné oděvy již nedostačující. Hasiče nedělá pouze jen speciální oblek, ale především jeho zdravotní stav, psychická a fyzická zdatnost a v neposlední řadě jeho odborná způsobilost. Hasič nebo také starší název požárník, se v dnešní době nezabývá pouze hašením, ale pomáhá při povodních, autonehodách, haváriích v různých podnicích, asistuje při ochraně elektráren, ale pomáhá také při sportovních a společenských akcích. K těmto úkonům musí být vybaven jak špičkovou technikou, tak samozřejmě speciálním oblečením [1].

### 1.1. Ochranný zásahový oblek pro hasiče

Každý ochranný zásahový oblek, který hasiči využívají ke každodenní zásahové a jiné činnosti musí splňovat veškeré právní předpisy a technické parametry stanovené příslušnými vyhláškami a normami. Každý oblek (uniforma) má jiné chemické, fyzikální a mechanické vlastnosti a podle nich se rozhoduje o jeho nasazení při mimořádné události. Ochranný oblek není vyroben z jednoho typu textilního materiálu, nýbrž z celé řady speciálních materiálů dávající kompletní zásahový oblek. Skládá se z vnější vrstvy, vlhkostní bariéry, tepelné bariéry a funkčního prádla Obr. 1.



**Obr. 1:** Skladba jednotlivých vrstev zásahového obleku pro hasiče[2]

1. Okolní prostředí (místo mimořádné události).
2. Vnější vrstva zásahového obleku.
3. Vlhkostní bariéra.
4. Tepelná bariéra.
5. Vzduchová kapsa mezi zásahovým oblekem a funkčním spodním prádlem.
6. Funkční spodní prádlo.
7. Mikroklima mezi pokožkou lidského těla a funkčním spodním prádlem.
8. Tělo hasiče.

Všechny vrstvy zásahového obleku jako celek, musí splňovat podmínku opakovaných cyklů praní, údržby a samotného nošení při zásahu, aniž by se znehodnotily ochranné a komfortní vlastnosti. Na tyto obleky se používají směsové textilie s použitím speciálních vláken, které mají výjimečné vlastnosti. Pro správnou funkci ochranného obleku je velmi důležitá zvolená velikost, tzv. harmonizace obleku s funkčními doplňky používanými pro osobní ochranu hasiče [1, 2, 3].

#### **1.1.1. Vnější vrstva**

Vnější vrstva zásahového obleku je vyráběna z textilie, která je částečně nehořlavá, nesráží se a chrání vnější vrstvy proti ohni a žáru. Vnější vrstva je nejvíce vystavována tepelnému namáhání a proto při dosažení kritických hodnot tepla působící na oblek odolává a

poskytuje své ochranné vlastnosti, ovšem jen omezenou dobou. Nejčastějším vláknem, které se používá na vnější vrstvu zásahového obleku je NOMEX® a KEVLAR®.

Vrstva by měla být poměrně lehká a ohebná, ale musí si zachovávat stálou pružnost, oděruvzdornost a být trvale antistatická Obr. 2. Tato vrstva zásahového obleku je jednou z nejdůležitějších vrstev, jelikož přichází do kontaktu s ohněm, jako první [2, 4].



**Obr. 2:** *Kompletní zásahový oblek [2]*

### **1.1.2. Vlhkostní bariéra**

Pod nehořlavou textilií, bývá nejčastěji vlhkostní bariéra – membrána, která plní funkci ochrany proti vodě, vlhku, větru a chemikáliím. Díky mikroporézní struktuře, membrána umožňuje vypařování potu a tělesné vlhkosti směrem ven od těla. Nedovolí však zvenčí kapalinám a vlhkosti pronikat směrem dovnitř k lidskému tělu. Tyto membrány jsou rovněž nehořlavé, vyrobené z Teflonu, nebo velmi obtížně hořlavého polyuretanu. Kvalita membrány a její schopnost dýchat s vnějším a vnitřním prostředím, jsou určujícími faktory pro celkový

komfort použitelnosti zásahového obleku při nošení. Nejznámější membránou používanou při výrobě zásahových obleků je GORE-TEX® [2, 6].

### **1.1.3. Tepelná bariéra**

Za membránou pak následuje vrstva splňující izolační vlastnosti a to hlavně pronikání tepla k lidskému tělu. Tato vrstva je odolná vůči konvekčnímu, kondukčnímu a radiačnímu teplu, většinou bývá vyrobena, z vláken NOMEX®, KEVLAR® nebo směsových materiálů s vlákny PARALINEX®. Kombinací směsových textilií dochází ke zvýšení požadovaných vlastností. Tato bariéra poskytuje stálou kontrolu a rovnováhu mezi účinky tepla a tepelného stresu [2].

### **1.1.4. Funkční spodní prádlo**

Funkční prádlo je důležitá součást zásahového oblečení pro hasiče, jelikož je v přímém kontaktu s pokožkou a tím pádem určuje celý komfort oděvu. Při použití v zásahu hraje velkou roli v ochraně hasiče množstvím vzduchových polštářků a to mezi tělem hasiče a použitým funkčním prádlem.

Funkční prádlo je vyráběné z pleteniny v různých vazbách, například v žebrové vazbě, vzorované žakárové vazbě nebo, jako jednolící pleteniny. Funkční prádlo se nejčastěji vyrábí z přírodních trvale nehořlavých směsových textilií, jako je například vlna /Protex-M., Modakryl /bavlna a další.

Funkčního prádla musí splňovat určitá kritéria. Mělo být příjemné, jemné, lehké, měkké, dále by mělo mít dobrou prodyšnost, splývavost, ale také dobře odvádět pot a mít dobrou tvarovou stálost. Všechny tyto vlastnosti jsou velmi důležité, ale v dnešní době dbáme hlavně na bezpečí a proto se vyrábí funkční prádlo s použitím speciálních vláken, které nám zajišťují bezpečnost. Proto se používají nehořlavé úpravy nebo vlákna, která jsou nehořlavá a jsou samozhášecí a tak zabrání při krátkém styku s ohněm, že textilie neshoří.

Funkční prádlo se většinou vyrábí, jako souprava. Nejčastěji tričko s krátkým nebo dlouhým rukávem, dlouhé kalhoty, trenýrky nebo spodky, jak pro ženy tak muže, zde se to většinou liší jen střihem. Funkční prádlo se vyrábí nejčastěji v modrých, šedivých či černých barvách, ale samozřejmě si nositel může vybrat i z jiných škál barev. Jak už bylo řečeno výše, tak nejdůležitější je, aby funkční prádlo bylo součástí celé soupravy záchranného obleku [1, 7, 20].

**Požadavky na textilie při působení plamene:**

- Textilie se nesmí tavit a vytvářet otvory.
- Působením přímého plamene nebo kapek tekutého kovu se textilie nesmí zapálit.
- Nesmí docházet ke srážení textilie působením tepla.
- Textilie má odolávat popálení při kontaktu s plamenem.
- Textilie má zajišťovat komfort a prodyšnost při dlouhodobém nošení.
- Textilie musí vykazovat permanentní nehořlavé vlastnosti.
- Textilie nesmí být škodlivá pro lidský organismus.
- Textilie musí být příjemná na dotek a nesmí dráždit pokožku a zraňovat ji [7].

## **1.2. Charakteristika a vlastnosti speciálních vláken**

V dnešní době ve světě existuje celá řada speciálních vláken. Firmy reagují na poptávku a doslova se předhánějí v nabídce svých směšových textilií, které obsahují speciální vlákna pro speciální profese, jako jsou Hasiči, Armáda, kosmonautika, ale i automobilový průmysl.

### **1.2.1. Charakteristika – Aramidových vláken**

Aramidy neboli aromatické polyamidy se vyrábějí pod obchodními názvy Kevlar, Nomex, Technora nebo Twaron. Tyto vlákna se odlišují především počtem benzenových jader v chemické struktuře [12, 14].

Vlákna vykazují velkou odolnost proti působení chemikálií a vysokým teplotám, dále jsou dobře odolná proti tahovému namáhání [15]. První vlákno skupiny meta- aromatických polyamidů (M-aramidy) je vlákno NOMEX. Výroba Nomexových vláken byla vyvinuta na začátku 60. let a vynalezla je firma DuPont. Vlákno je zajímavé především svou termoplastickou odolností a elektrickou izolační schopností. V případě, že vystavíme textilií s nomexovými vlákny vlivu extrémnímu žáru nebo ohni, tak vlákna absorbují energii žáru při procesu zuhelnňování, spojí se a zhoustnou, čímž se uzavřou otvory mezi vlákny, a tím je zabráněno průchodu vzduchu a horka dovnitř části oděvu. Zhruba o 10 let později firma DuPont začala s produkcí vláken Kevlar ze skupiny para-aromatických polyamidů (P-aramidy). Vlákna se vyznačují vysokou pevností. Používají se především, jako výztuže pneumatik nebo do neprůstřelných vest [14,15].



### 1.2.2. Charakteristika – Modakrylových vláken „Protex M“

Komerční výroba modakrylového vlákna začala v roce 1949 firmou Union Carbide Corporation. Tato společnost vznikla v roce 1917, kdy vyráběla uhlíkové tyčky pro obloukové osvětlení a vydržela na trhu, až do dnešní doby. V posledních letech se zabývá výrobou chemikálií a polymerů. Tato firma je jednou z nejstarších společností ve Spojených státech amerických a v současné době má zhruba 3 800 zaměstnanců [8].

Modakrylové vlákno je přirozeně odolné vůči plameni, a když je přímo vystaveno ohni, tak se netaví ani neodkapává, má samozhášecí vlastnosti, samozřejmě pokud vlákno není dlouhodobě vystaveno působením plamene. Modakrylové vlákna se nejvíce používají pro ochranné oděvy, jako jsou například oděvy pro hasiče a záchranáře. Případně pro profese v extrémních podmínkách, při kterých dochází k přímému stuku s ohněm [8].

Modakrylová vlákna jsou upravená akrylová vlákna, která jsou vyrobená z akrylonitrilu. Tyto modakrylová vlákna se vyrábějí z pryskyřic, které jsou kopolymery, kombinace akrylonitrilu a jiných materiálů, jako je například vinylchloridu nebo vinylidionid. Vlákna mají smetanovou až bílou barvu Obr.1. Pod mikroskopem, mají nepravidelný tvar. Modakrylová vlákna jsou rovněž vyráběná v mnoha různých délkách a aktuální producenti jsou Solutia Inc v USA a Kaneka Corporation v Japonsku [10].



**Obr. 3:** Modakrylové vlákno „Protex M“ [9]

Modakrylová vlákna mají podobné vlastnosti jako akrylová vlákna, nicméně modakrylová vlákna jsou samozhášecí s obtížnou vznětlivostí. Mají poměrně vysokou životnost, která je srovnatelná s vlnou. Vlákna jsou odolná vůči oděru, vůči popraskání, zachovávají rozměrovou stabilitu. Textilie jsou měkké, odolné a mají dobré žádomcí vlastnosti při nošení, dále jsou dobře barvitelné a mají tu výhodu, že rychle usychají. Nejsou náchylné

na žmolkování a jsou nealergenní, což je velmi dobrá vlastnost pro nositele, dále je textilie odolná vůči kyselinám, slabým alkáliím, a organickým rozpouštědlům. Vlákná jsou odolná vůči molům, plísním a slunečnímu záření. Smíšené textilie s modakrylovými vlákny lze prát v pračce v teplé vodě a lze je žehlit při nízké teplotě [9, 10].

Modakrylová vlákna se používají především v aplikacích, kde je nebezpečí ohněm, proto se z tohoto vlákna vyrábějí ochranné oděvy, košile, imitace kožesin, paruky, dětské oblečení na spaní, funkční prádlo, koberce, závěsy a záclony. Využívají se i při výrobě technických textilií, jako jsou filtry, průmyslové textilie, malířské válečky, plyšové hračky, apod. [10].

### **1.3. Výrobci funkčního prádla**

V současnosti nalezneme velký počet výrobců, ať už českých či zahraničních, kteří se zabývají výrobou a prodejem funkčního prádla s použitím speciálních vláken. Firmy vyrábějí kromě funkčního prádla celý sortiment výrobků, který nesmí chybět v žádném šatníku profesionálního hasiče, záchranáře či vojáka. Mezi známé české firmy patří například DEVA F-M s.r.o., Vochoc s.r.o., ZAHAS s.r.o., VÚB a. s. Mezi zahraniční výrobce se řadí například firma GLOBE™ sídlící v USA, která patřila a patří mezi světovou špičku ve výrobě zásahových obleků. Další firmy zahraničních výrobců jsou firmy Isotemp a firma Bristol Uniforms LTD.

#### **1.3.1. Firma DEVA F-M s.r.o.**

Nejznámější českou firmou je firma DEVA F-M s.r.o. Tato firma vznikla v roce 1993 se sídlem ve Frýdku Místu v Moravskoslezském kraji, jako první specializovaný výrobce ochranných oděvů. Téměř veškerý sortiment firmy je charakterizován vysokou ochranou vůči extrémním podmínkám, jako jsou plameny, sálavé teplo, voda, chemikálie, ale samozřejmě také klimatické podmínky. Během velmi krátké doby se firma vypracovala mezi špičkové výrobce ochranných zásahových obleků pro hasiče. Stala se dominantním dodavatelem zásahových obleků, funkčního prádla a dalšího sortimentu pro hasičské záchranné sbory a sbory dobrovolných hasičů na území ČR [16, 20].

Firma DEVA používá ve svém sortimentu textilie, které obsahují speciální vlákna, která textilním materiálům dodávají speciální vlastnosti. Mezi vlákna, která jsou obsažena ve směsových textiliích, je například vlákno Nomex, Modakrylová vlákno, Kevlar aj. Firma DEVA ve svém sortimentu nabízí celou řadu ochranných oděvů, rukavic, přileb, obuvi a také funkční prádlo *Obr. 4*. Toto funkční prádlo splňuje vysoký komfort při dlouhém nošení se

zásahovým oblekem, dále je permanentně antistatické, minimální nasákové, má výbornou prodyšnost a dlouhou životnost [17].



*Obr. 4: Ukázka funkčního prádla pro hasiče od firmy DEVA F-M s.r.o. [17]*

### **1.3.2. Firma ZAHAS s.r.o.**

Další známou firmou na českém trhu na výrobu ochranných oděvů, je od roku 1994 firma ZAHAS s.r.o. Již od samého počátku, bylo hlavním mottem vybudovat firmu, která by svým sortimentem nabízeného zboží, byla schopna uspokojit požadavky profesionálních a dobrovolných hasičských sborů a záchranných jednotek. Firma nabízí celou řadu oděvů pro hasiče, od spodního prádla po čerpadla a stříkačky. Firma ZAHAS, vyrábí též funkční prádlo, které má výborné vlastnosti [18].

### **1.3.3. Firma VÚB a. s.**

Firma VÚB a. s. je nástupnickým subjektem Výzkumného ústavu bavlnářského a hedvábnického, založeného v roce 1949 a ve své činnosti navazuje na období šedesátých a sedmdesátých let, kdy zde vznikly nové textilní technologie světového významu – rotorové předení a víceproslupní tkaní. Dnešní akciová společnost prošla od počátku 90. Let výraznou restrukturalizací, jejímž výsledkem bylo vybudování firmy s jednostupňovou organizační a řídicí strukturou založenou na existenci samostatně hospodařících jednotek, zaměřenou jak na

výzkum a vývoj, tak na výrobu, obchod a služby. Nejvýznamnější část ekonomického potenciálu VÚB a.s. představuje strojírenská a textilní výroba, zaměřená především na speciální výrobu využívající s výhodou výsledků vyřešených výzkumných projektů. Firma vyrábí pod značkou Clevertex a ve svém sortimentu má nesčítelně mnoho oděvů a doplňků a také samozřejmě funkční prádlo *Obr. 5*.



*Obr. 5: Ukázka funkčního prádla pro hasiče od firmy VBÚ a.s. [18]*

#### **1.4. Testování funkčního prádla pro extrémní podmínky**

Funkční prádlo pro hasiče se řadí do oblasti výrobků, u nichž je kladen velký důraz na bezpečnost při použití za normálních a abnormálních situací, kterým je hasič často vystaven. Funkční prádlo musí tvořit kompletní soupravu celého zásahového obleku, tak aby splňovalo bezpečnostní kritéria.

Je nutné přihlížet ke změnám vlastností, které vykazují plošné textilie, ale také k vlastnostem, které jsou dány ochrannému zásahovému obleku. Tyto vlastnosti vycházejí z různých faktorů, jako je přiléhavost a vzduchové izolační polštáře mezi jednotlivými vrstvami obleku, ale také zasazení těla hasiče do ochranné schránky obleku [20].

Jednoduše řečeno, ochranná schopnost proti teplu je rozdílná u jednoduché struktury plošné textilie jednotlivé vrstvy a u kompletního zásahového obleku. Z důvodu přehlednosti a efektivnosti jednotlivých zkoušek jsou nastaveny určité standardy, které musí výrobci ochranných zásahových obleků při výrobě dodržet. Tyto standardy vycházejí jednak

z vlastností textilií, ale také z velké míry z kompletního provedení ochranného zásahového obleku samotným výrobcem [18].

Existují různé metody zkoušek, ať už celého zásahového obleku nebo jen samotného kusu plošné textilie [28]. Všechny tyto zkoušky jsou prováděny pod odborným vedením a jsou uskutečněny podle příslušných norem. Mezi tyto zkoušky patří například zkušební metoda THERMO-MAN při nichž se zkoumá celý zásahový oblek. Obdobná možnost testování je s použitím přístroje M233B AUTOFLAMM SLD ATLAS, na kterém se zkoumá hořlavost vzorku plošné textilie.

#### 1.4.1. Testování zásahového obleku

Testování celého zásahového obleku se provádí na zkušební metodě THERMO-MAN. Tuto zkušební metodu vyvinula firma DuPont™, při této metodě se používá figurína v životní velikosti vybavená 122 teplotními čidly, je oblečena do zkušebních oděvů a vystavena zášlehu ohně o teplotách dosahujících až 1000 °C. Zkušební figurína je umístěna nepohyblivě a vzpřímeně na podstavci ve speciální testovací komoře znázorněné na Obr. 6.



*Obr. 6: Umístění figuríny ve zkušební komoře [18]*

Oheň na figurínu působí přesně 8 vteřin. Čidla zaznamenávají nárůst teploty na povrchu figuríny a počítač vypočítává předpokládaný rozsah popálenin druhého a třetího

stupně, které by mohla osoba utrpět za podobných podmínek. Zkušební metoda se nezabývá účinky tělesné polohy a pohybu, ale pouze popálení zásahového obleku.

Toto zkušební zařízení je průlomem mezi testováním ochranných zásahových obleků. Testování na tomto zařízení je v dnešní době považováno za standard, avšak tato zkouška se bere jako doplňková. Z toho vyplývá, že kromě jednotlivých zkoušek samostatných materiálů, se zkouší celá sestava zásahového obleku [23, 24].

#### **1.4.2. Testování plošné textilie**

Zkušební metoda se provádí na přístroji AUTOFLAMM SLD ATLAS, kterou vyvinula společnost SLD Atlas. Slouží na měření hořlavosti textilií [27].

Zařízení se skládá z hlavního rámu, dálkového ovladače s dotykovým displejem a softwarem. Přístroj je napojený na propan- butanovou bombu, která díky plynu zapaluje plamen v hořáku Obr. 7 [26]. Přístroj provádí zkoušku hořlavosti podle normy ČSN EN ISO 15025 Ochranné oděvy – Ochrana proti teplu a ohni – metoda zkoušení pro omezení šíření plamene, ČSN EN ISO 6940 Zjišťování snadnosti zapálení svisle umístěných vzorků, ČSN EN ISO 6941 Měření rychlosti šíření plamene svisle umístěných vzorků a další.



***Obr. 7: Přístroj M233B AUTOFLAMM SLD ATLAS [27]***

### 1.5. Limitní kyslíkové číslo – (Limitní Oxidační Systém - LOI)

Limitní kyslíkové číslo ( Limiting Oxygen Index- LOI) poskytuje kontrolu kvality a určení relativní hořlavosti materiálů podle výpočtu minimální koncentrace kyslíku, který podporuje hoření materiálu. Zkušební metoda se zakládá na normě ASTM D-2863 zavedené v USA v roce 1977. Do skleněné trubice přístroje, kterou prochází směs z kyslíku a dusíku, se zavěsí zkoušený vzorek a shora podpálí Obr. 8.



**Obr. 8:** Přístroj na měření LOI [22]

Jestliže vzorek hoří déle než 180 vteřin nebo když plamen dosáhne pod určitou značku na trubici, opakuje se zkouška s menší koncentrací kyslíku. Test se provádí tak dlouho, až při určité koncentraci hoří 50 % vzorku.

Výpočet % koncentrace následuje podle vzorce

$$LK\check{C} = \frac{O_2}{O_2 + N_2} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde  $O_2$  značí objem kyslíku a  $N_2$  objem dusíku

Čím je vyšší Limitní kyslíkové číslo, tím je materiál méně hořlavý. Naopak, když je nízké Limitní kyslíkové číslo, tak je materiál velmi hořlavý Tab. 1. Vzduch obsahuje přibližně



21 % kyslíku, takže když bude mít zkoumaný materiál LOI méně než 21 %, bude pravděpodobně podporovat spalování [21].

**Tab. 1** Tabulka vláken s procentem kyslíku [21]

Druh vlákna	Teplota vzplanutí [°C]	LOI [%]
Bavlna	350 - 400	14 %
PES	485 - 560	17%
PAD	480 - 520	18%
Vlna	570 - 600	25%
Modakryl	450 -500	37%
Nomex	600	28%
Aramid	600	32%

Zkušební vzorky jsou spalovány v přesně řízené atmosféře dusíku a kyslíku. Provozovatel upravuje dodávky plynů a používá průtokoměry hodnot pro výpočet indexu kyslíku. Limitní kyslíkové číslo je důležitý faktor pro hodnocení obleků v podmínkách požáru a je to právě hodnota LOI pro daný materiál [22].

## 1.6. Zkoumané speciální vlastnosti funkčního prádla

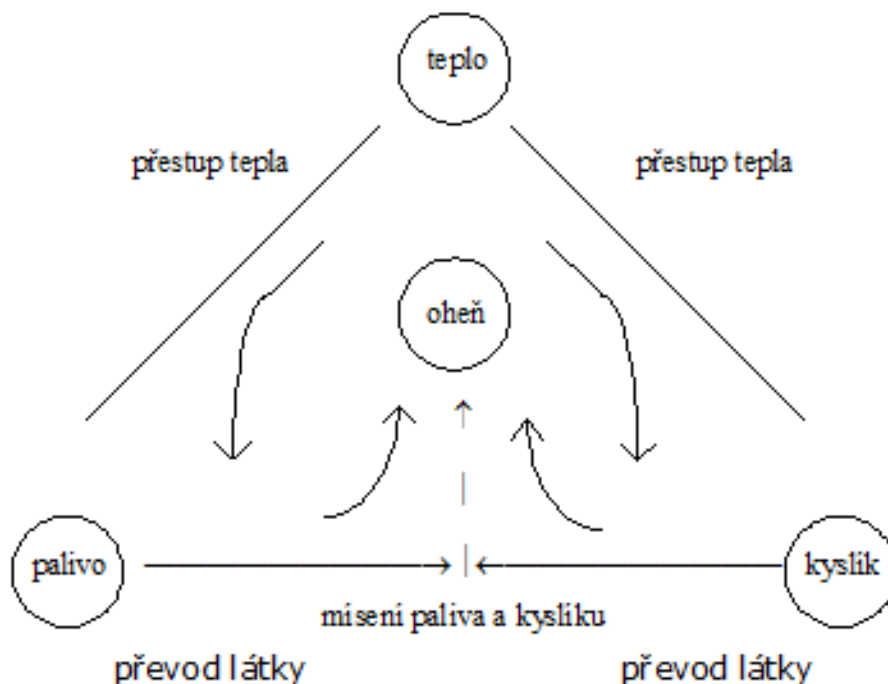
Jak bylo řečeno výše, tak na funkční prádlo, klademe speciální požadavky, které jsou důležité pro správnou funkci textilie. Pro funkční prádlo pro hasiče je nejdůležitější nehořlavá úprava, prodyšnost, splývavost, tvarová stálost aj.

### 1.6.1. Nehořlavá úprava

Běžné typy přírodních a syntetických vláken jsou hořlavé organické látky. Proces hoření je složitá soustava fyzikálně-chemických dějů. K tomu, aby došlo k samotnému procesu hoření, musí být daný materiál hořlavý, musí mít dostatečné množství kyslíku a musí být vyvinuta tepelná energie. Proces hoření ovlivňuje přítomnost tří základních složek – tepla, paliva a kyslíku, když jsou tyto tři složky spojeny, dochází k hoření Obr. 9 [1, 31, 20].

Reakce hoření závisí na dvou hlavních faktorech a to na rychlosti přívodu tepla (určují zákony chemické kinetiky) a rychlosti odvodu tepla (určují vlastnosti fyzikální a chemické).





**Obr. 9:** Schéma procesu hoření [31]

Vzplanutí textilie je velmi nebezpečné pro samotného jedince, který má daný oděv na sobě, ale také pro jeho okolí. Může totiž dojít k rozšíření požáru, odkapávání taveniny a unikání toxických plynů a dýmu při hoření. Zda po zapálení bude materiál samostatně hořet, závisí na energetické bilanci [31, 20].

***Proto rozlišujeme při hoření textilních vláken:***

- Procesy při kterých se energie spotřebovává.
- Procesy, při kterých se energie uvolňuje.

Když je uvolněná energie větší než spotřebovaná, materiál hoří, a naopak materiál je nehořlavý nebo samozhášející, když uvolněná energie je menší než spotřebovaná. K zamezení hoření se používá nehořlavá úprava realizována buď přímo na vláknech, nebo jako zušlechťovací operace na plošnou textilií [ 31].

***Nehořlavé úpravy rozlišujeme podle trvání účinnosti:***

- **Úpravy dočasné** Tato úprava poskytuje nehořlavý efekt, ale nemá stálosti v praní a ve vodě, proto se jí také někdy říká (vypratelná úprava). Je vhodná pro textilie, které nepřicházejí do styku s vodou.
- **Úpravy polotrvalé** Polotrvalá úprava která má určitou odolnost vůči vypírání, nevyhovuje však normám pro trvalou nehořlavou úpravu.
- **Úpravy trvalé** Úprava, která musí odpovídat normovaným stálостem ve vodě, v praní, a to v alkalické i neutrální lázni. Permanentní nehořlavá úprava je založena na přípravcích, jejichž součástí jsou sloučeniny fosforu za využití synergismu fosforu s dusíkem [31].

***Podle hořlavosti textilie dělíme:***

- **vlákna hořlavá** - hoří i po vyjmutí z plamene, např. bavlna (CO), len (LI), viskóza (VI), polyakrylonitril (PC);
- **vlákna samozhášející** - hoří, ale po vyjmutí z plamene zhasnou, např. vlna (WO) přírodní hedvábí (SE), polyester (PL), polyamid (PA), modakrylová vlákna (MA), polypropylen (PP);
- **vlákna nehořlavá** - v plameni se případně pouze taví, po vyjmutí z plamene ihned zhasínají, např. PVC, PDC, oxidovaná PAN [31, 20].

## 2. PRAKTICKÁ ČÁST

Pro praktickou část, byly vybrány 3 vzorky směsových textilií s vlákny Protex - M a šicí nitě, které se používají pro výrobu funkčního prádla pro hasiče.

### 2.1. Zkušební vzorky

Vzorky poskytla firma VÚB a. s. Jde o vzorky zátažných pletenin o nižší plošné hmotnosti. Vzorky jsou materiálovým složením, konstrukcí i plošnou hmotností odlišné tak, aby poskytly možnost porovnání vlivu různých faktorů na parametry hořlavosti.

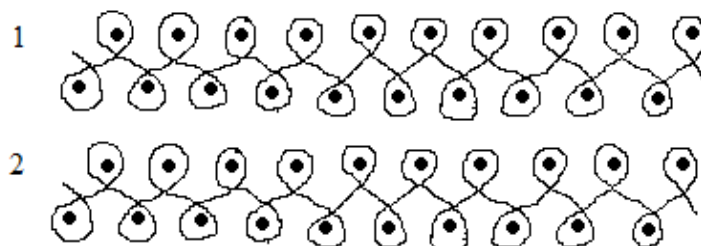
#### *Vzorek 1 – Modrý vzorek*

První zkoumanou textilií, byla zátažná oboulícní pletenina Obr. 10.



*Obr. 10: Zobrazení zátažné oboulícní pleteniny – Vzorek 1*

Pletenina je tvořena očky bez použití dalších vazebních prvků. V řádku jsou přitom očka orientována střídavě jedním a druhým směrem. Ve sloupku jsou všechna očka orientovaná vždy stejným směrem Obr. 11.



*Obr. 11: Schéma vazby zátažné oboulícní pleteniny*

Pletenina má zvýšenou tažnost a pružnost v příčném směru. Charakteristika pleteniny je v tabulce 2. Nejčastější použití u spodní prádlo, punčochového zboží a kojeneckých oděvů [29].

**Tab. 2** Rozbor zátažné oboulícní pleteniny

<b>Hustota řádků (na 100 mm)</b>	190 mm
<b>Hustota sloupků (na 100 mm)</b>	160 mm
<b>Druh vláknenné suroviny</b>	60% Protex-M, 40% Bavlna
<b>Plošná hmotnost pleteniny v ( g/m<sup>2</sup>)</b>	120 g/m <sup>2</sup>
<b>Konstrukce použitých nití</b>	Jednoduchá směr S
<b>Tloušťka materiálu</b>	0,80 mm

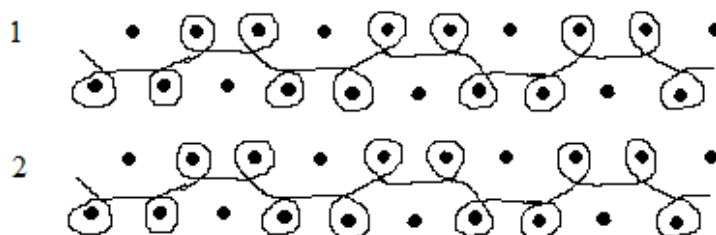
### **Vzorek 2 – Zelený vzorek**

Druhou zkoumanou textilií, byla zátažná oboulícní pletenina žebrová s jednoduchými žebry tvořenými dvěma sloupky Obr. 12.



**Obr. 12:** Zobrazení zátažné oboulícní pleteniny žebrové - Vzorek

Pletenina je tvořena vždy dvěma řadami sloupů na rubní a lícni straně Obr. 13.



**Obr. 13:** Schéma vazby oboulícní pleteniny žebrové

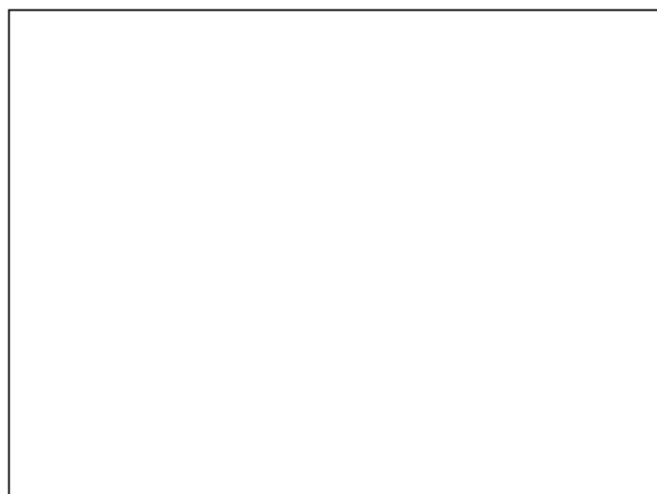
Pletenina se vyznačuje vysokou tažností a pružností v příčném směru a proto vhodná pro použití, kde jsou tyto vlastnosti žádané. Charakteristika pleteniny je v tabulce 3. Nejčastější použití je pro výrobu spodního prádla, roláků a punčochových výrobků [29].

**Tab. 3** Rozbor zátažné obouliční pleteniny žebrové

<b>Hustota řádků (na 100 mm)</b>	170 mm
<b>Hustota sloupků (na 100 mm)</b>	140 mm
<b>Druh vlákenné suroviny</b>	50% Modakryl, 40% Bavlina, 10% EPI
<b>Plošná hmotnost pleteniny v ( g/m<sup>2</sup>)</b>	107 g/m <sup>2</sup>
<b>Konstrukce použitých nití</b>	Jednoduchá směr S
<b>Tloušťka materiálu</b>	0,89 mm

### **Vzorek 3 – Šedý vzorek**

Třetí zkoumanou textilií, byla jednolícní pletenina s výplňkovou nití, která je tvořena základní a výplňkovou nití Obr. 14.



**Obr. 14:** Zobrazení jednolícní pleteniny s výplňkovou nití - Vzorek 3

Základní nit vytváří zpravidla jednolícní hladkou vazbu a výplňkovou nit, která je platinovými obloučky vázána na rubní straně pleteniny. Zpravidla se pro výplňkové nitě používá jemnější příze s nižším zákrutem pro zlepšení omakových a tepelně-izolačních vlastností pleteniny Obr. 15.



**Obr. 15:** Schéma jednolící pleteniny s výplňkovou nití

Nejčastější použití je pro výrobu spodního prádla a sportovního oblečení [29]. Charakteristika pleteniny je v tabulce 4.

**Tab. 4** Rozbor jednolící pleteniny s výplňkovou nití

<b>Hustota řádků (na 100 mm)</b>	100mm
<b>Hustota sloupků (na 100 mm)</b>	100 mm
<b>Druh vláknenné suroviny</b>	50% Modakryl, 40% Bavlna, 10% EPI
<b>Plošná hmotnost pleteniny v ( g/m<sup>2</sup>)</b>	220 g/m <sup>2</sup>
<b>Konstrukce použitých nití</b>	Jednoduchá směr S
<b>Tloušťka materiálu</b>	0,95 mm

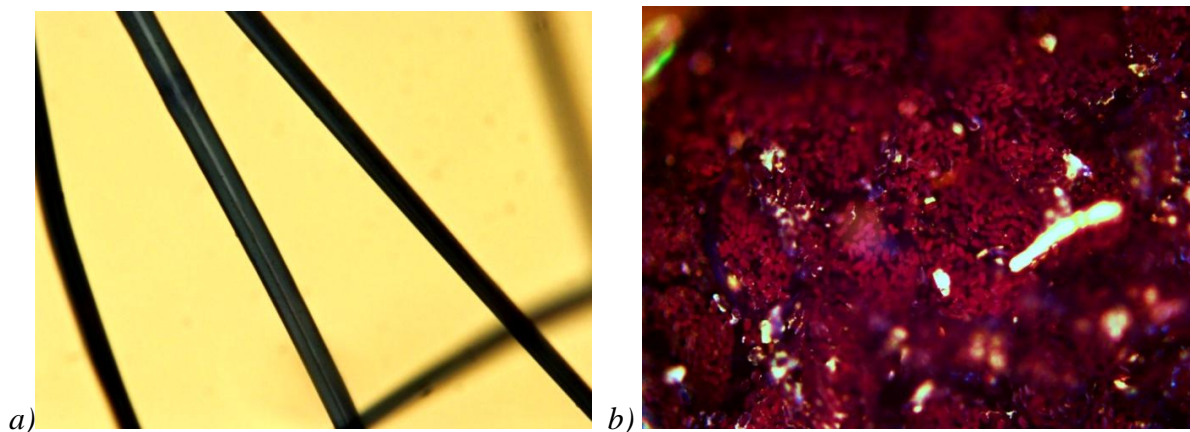
#### **Vzorek 4 – Šicí nit**

Čtvrtým zkoumaným vzorkem, byla šicí nit dvojmoskaná s pravým zákrutem S o jemnosti 25 tex Obr. 16.



**Obr. 16:** Zobrazení šicí nitě

Materiálové složení nitě je přibližně 90 % modakryl a 10 % EPI. EPI je Epitropické vlákno, toto vlákno má nehořlavou a antistatickou úpravu. Zobrazení nitě pod mikroskopem je na Obr. 17.



**Obr. 17:** Zobrazení nitě pod mikroskopem a) podélném směru b) příčném řezu

### **2.1.1. Stanovení hořlavosti plošných textilií**

Výše uvedené vzorky pletenin určených pro výrobu funkčního prádla pro hasiče, byly podrobeny zkoušce dle normy ČSN EN ISO 15025 Ochranné oděvy- Ochrana proti teplu a ohni – metoda zkoušení pro omezení šíření plamene. Metoda hodnotí vlastnosti textilií a jejich tendenci hoření při krátkém styku s plamenem za stálých podmínek. Textilie byly testovány na přístroji AUTOFLAM SLD ATLAS.

### **2.1.2. Příprava vzorků**

Ze směsových textilií, byly vystřiženy vzorky o rozměru 160 x 200 mm. Ze všech tří směsových textilií, byly vystřiženy vždy dvě sady zkušebních vzorků po čtyřech vzorcích.

Do plochy - 12 vzorků po sloupku a 12 vzorků po řádku

Do hrany - 12 vzorků po sloupku a 12 vzorků po řádku

### **Podmínky měření**

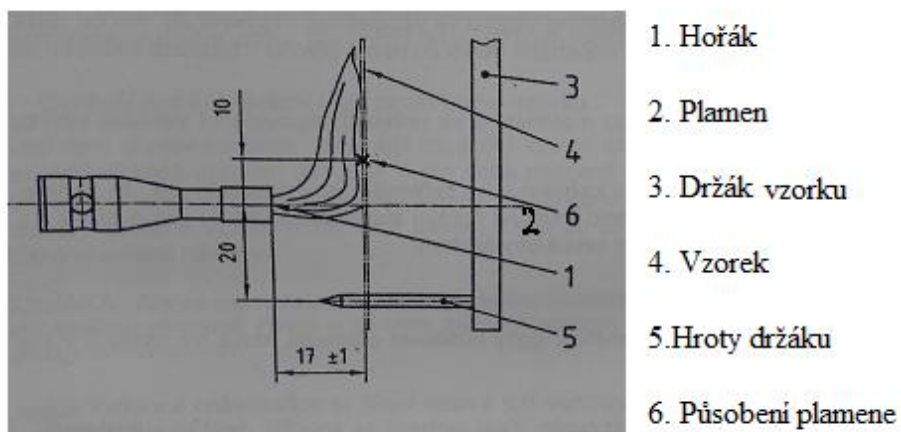
Teplota vzduchu: 22 °C

Vlhkost vzduchu: 67 % Rh

Druh plynu: Propan – butan

### **2.1.3. Průběh zkoušky – Šíření plamene do plochy**

Zkušební vzorek se připevnil na hroty držáku o rozměru 160 x 200 mm a nastavila se poloha hořáku, pro zkoušku šíření plamene do plochy Obr. 18.

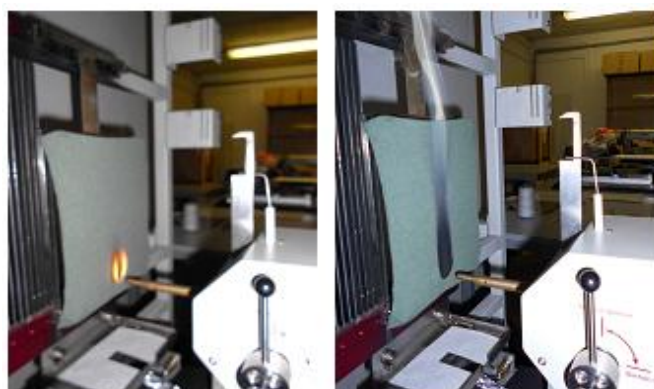


**Obr. 18:** Schéma působení plamene do plochy u zkušební vzorku [26]

Po správném seřízení přístroje a hořáku, působil plamen na zkoušený vzorek „do plochy“ po dobu 10 sekund. Průběh zkoušek u všech tří vzorků můžeme vidět na obrázcích Obr. 19, Obr. 20, Obr.21.

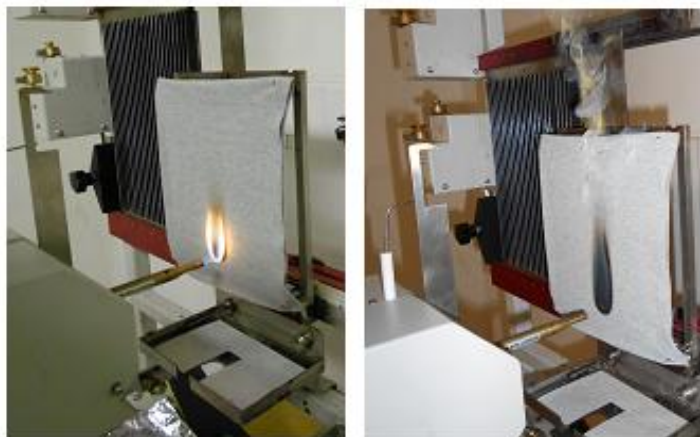


**Obr. 19:** Fotografie působení plamene do plochy u modrého vzorku



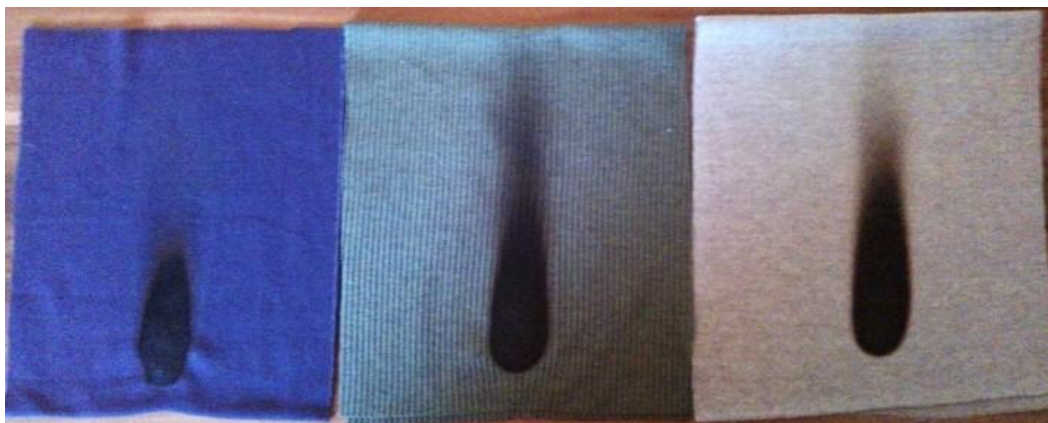
**Obr. 20:** Fotografie působení plamene do plochy u zeleného vzorku



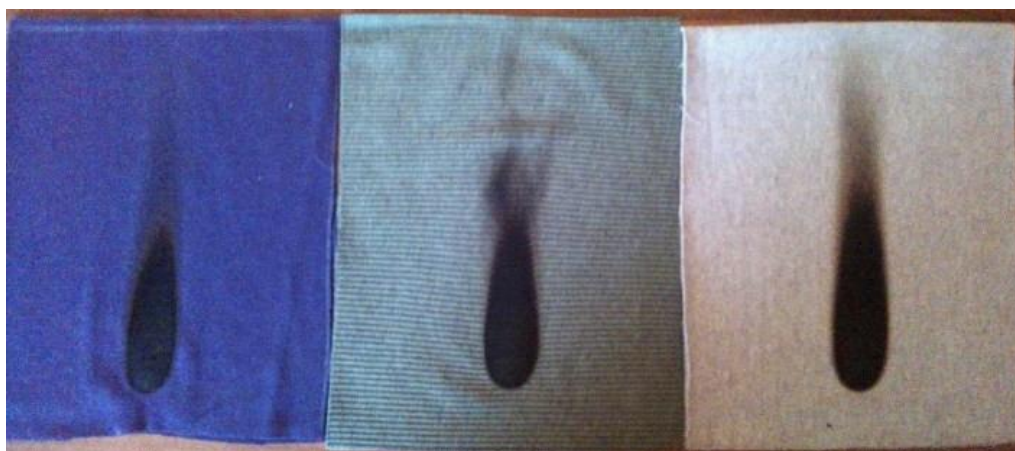


**Obr. 21:** Fotografie působení plamene do plochy na šedivý vzorek

Po dohoření plamene textilií okamžitě zhasla, vlákna absorbovaly energii žáru při procesu zuhelnňování, spojily se a zhoustly, čímž se uzavřely otvory mezi vlákny. Na vzorcích jsou patrná ohořelá místa, která se při další manipulaci se vzorkem drolí v místě poškození Obr. 22, Obr. 23. Nejvíce se drolení projevilo u modrého vzorku. Je to pravděpodobně způsobeno strukturou pleteniny.



**Obr. 22:** Šíření plamene do plochy na zkušební vzorky po sloupku



**Obr. 23:** Šíření plamene do plochy na zkušební vzorky po řádku

Po celou dobu se sledoval průběh zkoušky, který byl zaznamenáván do tabulek. Výsledky zkoušek všech tří směsových textilií pro zkoušku šíření plamene do plochy jsou uvedeny v tab. 5.

**Tab. 5** Údaje o zkoušce šíření plamene do plochy

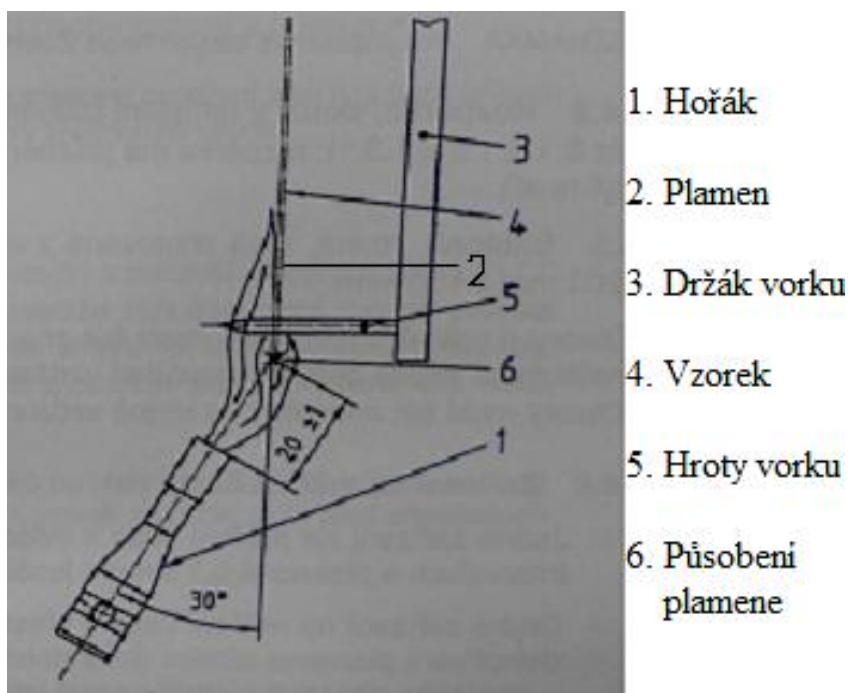
DOBA DOHOŘÍVÁNÍ PLAMENE DO PLOCHY (S)								
Po sloupku					Po řádku			
Údaje (s) Modrý vzorek	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4
Průměr	0,2				0,4			
Směr. odchylka	0,129				0,082			
Interval spol.	0,044				0,028			
Údaje (s) Zelený vzorek	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,2
Průměr	0,4				0,4			
Směr. odchylka	0,082				0,141			
Interval spol.	0,028				0,047			
Údaje (s) Šedý vzorek	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3
Průměr	0,275				0,325			
Směr. odchylka	0,096				0,15			
Interval spol.	0,032				0,051			
DOBA DOHOŘÍVÁNÍ ŽHNUTÍ DO PLOCHY (S)								
Po sloupku					Po řádku			
Údaje (s) Modrý vzorek	0	0	0,1	0	0,2	0,1	0,2	0
Průměr	0,025				0,125			
Směr. odchylka	0,05				0,095			
Interval spol.	0,017				0,322			
Údaje (s) Zelený vzorek	0	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0
Průměr	0,05				0,1			
Směr. odchylka	0,057				0,081			
Interval spol.	0,019				0,027			
Údaje (s) Šedý vzorek	0,1	0	0	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1
Průměr	0,05				0,2			
Směr. odchylka	0,057				0,115			
Interval spol.	0,019				0,039			

**Vyhodnocení zkoušky – Šíření plamene do plochy**

Při hoření, vzorky nevykazovaly žádné hořící zbytky, nevytvářely otvory, neškvařili se, ani neměli tendenci šíření plamene po vzorku. Z výsledků zkoušek je zřejmé, že modakrylové vlákno obsažené ve všech třech vzorcích nevykazuje žádné negativní vlastnosti. Doba hoření, která je zaznamenána v tabulce 5, je téměř zanedbatelná, jelikož po dohoření plamene materiál pouze doutnal, ale nevykazoval známky hoření materiálu.

**Průběh zkoušky – Šíření plamene do hrany**

Pro zkoušku šíření plamene do hrany se přístroj seřídil, tak že se poloha hořáku nastavila pod úhel  $30^\circ$  ke svislé dolní hraně Obr. 25. Dolní okraje textilních vzorků se nijak nezapravovaly ani nezačišťovaly. Plamen působil přímo na nezačištěný vzorek.



**Obr. 24:** Schéma působení plamene do hrany u zkušební vzorku [26]

Po správném seřízení přístroje a hořáku, působil plamen na zkoušený vzorek „do hrany“ po dobu 10 sekund. Průběh zkoušek u všech tří vzorků můžeme vidět na obrázcích Obr. 25, Obr. 26, Obr. 27.



**Obr. 25:** Fotografie působení plamene do hrany u modrého vzorku



**Obr. 26:** Fotografie působení plamene do hrany u zeleného vzorku

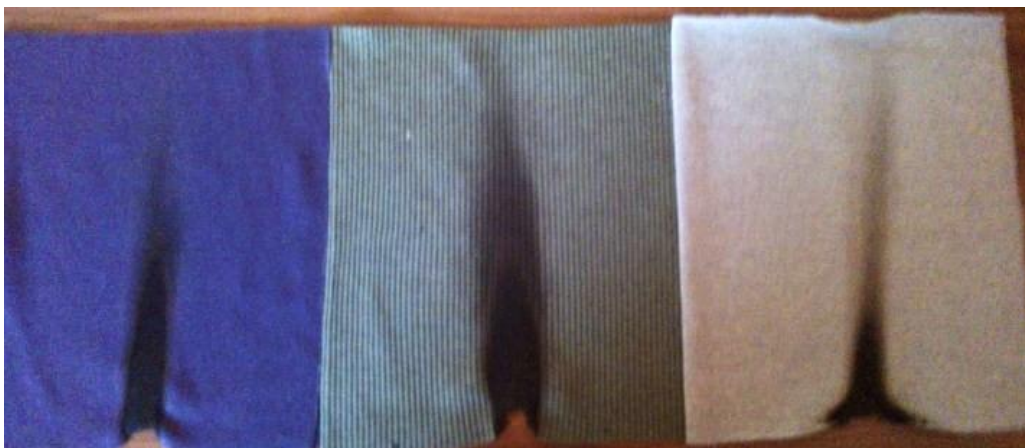


**Obr. 27:** Fotografie působení plamene do hrany u šedivého vzorku

Po dohoření plamene textilií okamžitě zhasla, vlákna absorbovaly energii žáru při procesu zuhelnňování, spojily se a zhoustly, čímž se uzavřely otvory mezi vlákny. Na vzorcích jsou patrná ohořelá místa, které se při další manipulaci se vzorkem drolí v místě poškození.



(Obr. 28, Obr. 29). Nejvíce se drolení projevilo v dolní části vzorku, jelikož zde plamen působil nejvíce.



**Obr. 28:** Šíření plamene do hrany na zkušební vzorky po sloupku



**Obr. 29:** Šíření plamene do hrany na zkušební vzorky po řádku

Po celou dobu se sledoval průběh zkoušky, který byl zaznamenáván do tabulek. Výsledky zkoušek všech tří směsových textilií pro zkoušku šíření plamene do hrany jsou uvedeny v tab. 6.

**Tab. 6** Údaje o zkoušce šíření plamene do hrany

DOBA DOHOŘÍVÁNÍ PLAMENE DO HRANY (S)								
Po sloupku					Po řádku			
Údaje (s) Modrý vzorek	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3
Průměr	0,4				0,35			
Směr. odchylka	0,082				0,1			
Interval spol.	0,027				0,034			
Údaje (s) Zelený vzorek	0,4	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4
Průměr	0,475				0,375			
Směr. odchylka	0,095				0,05			
Interval spol.	0,032				0,017			
Údaje (s) Šedý vzorek	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
Průměr	0,375				0,35			
Směr. odchylka	0,125				0,058			
Interval spol.	0,042				0,019			
DOBA DOHOŘÍVÁNÍ ŽHNUTÍ DO HRANY (S)								
Po sloupku					Po řádku			
Údaje (s) Modrý vzorek	7,2	4,3	5,5	7,1	7,9	5,9	4,9	4,5
Průměr	6,025				5,8			
Směr. odchylka	1,388				1,518			
Interval spol.	0,469				0,511			
Údaje (s) Zelený vzorek	7,8	8,1	5,9	4,6	4,8	6,1	7,6	5,3
Průměr	6,6				5,925			
Směr. odchylka	1,651				1,178			
Interval spol.	0,556				0,397			
Údaje (s) Šedý vzorek	6,2	7,5	7,3	5,2	4,2	4,9	6,1	4,6
Průměr	6,55				4,95			
Směr. odchylka	1,066				0,818			
Interval spol.	0,359				0,275			

**Vyhodnocení zkoušky – Šíření plamene do hrany**

Při hoření, zkušební vzorky nevykazovaly žádné hořící zbytky, nevytvářely otvory, neškvařili se, ani neměli tendenci šíření plamene po vzorku. Z výsledků zkoušek je patrné, že

při působení plamene do hrany, zkušební vzorky vykazují větší dobu žhnutí v dolním okraji vzorku, jelikož zde působí plamen nejvíce. Z tabulky 6 je zřejmé, že doba žhnutí při zkoušce působení plamene do hrany je o něco delší než při působení plamene do plochy. Největší žhnutí vykazoval vzorek modrý, bylo to pravděpodobně způsobeno strukturou pleteniny a také vlákenným složením. Žhnutí materiálu je pravděpodobně způsobeno tím, že vzorky nejsou nijak začištěné v dolním okraji a tím pádem plamen působí na roztřepený okraj vzorku.

## 2.2. Stanovení hořlavosti u plošné textilie s prošitím

Funkčního prádla pro hasiče bývá vždy v dolním okraji začištěné na obnitkovacím stroji a posléze zpevněno prošitím, aby lépe sedělo na těle. Z tohoto důvodu, byla provedena zkouška dle normy ČSN EN ISO 15025 na směsových materiálech, které byly prošity, speciální šicí nití s obsahem modakrylového vlákna.

### *Příprava vzorků – Šíření plamene do plochy S PROŠITÍM plošné textilie po sloupku*

Zkušební vzorky byly připraveny z dvojité pletené textilie po sloupcích a byly prošity dvěma řadami stehů na šicím stroji s dvounitným vázaným stehem ve vzdálenosti od dolního okraje 6cm, dále byly přežehleny a připevněny na držák s hroty *Obr. 30*.



**Obr. 30:** Fotografie zkušebních vzorků prošitých speciální šicí nití pro šíření plamene do plochy

**Příprava vzorků – Šíření plamene do hrany S PROŠITÍM plošné textilie**

Zkušební vzorky byly připraveny po sloupcích a byly zvětšeny o záložku v šířce 3cm, záložky byly zapraveny na obnitkovacím stroji, prošity dvěma řadami stehů ve vzdálenosti od dolního kraje 2,5 cm, dále byly přezheleny a připevněny na držák s hroty *Obr. 31*.



**Obr. 31:** Fotografie zkušebních vzorků prošitých speciální šicí nití pro šíření plamene do hrany

**Tab. 7** Údaje o zkoušce šíření plamene do plochy a hrany s prošitím

Údaje o zkoušce (TMAVOMODRÝ VZOREK)	Orientace zkušebního vzorku po sloupku S PROŠITÍM	
	Do plochy	Do hrany
Doba dohořívání plamene	0,3	0,9
Doba dohořívání žhnutí	0,1	5,7
Doba prohoření nitě	0	0
Údaje o zkoušce (ZELENÝ VZOREK)	Orientace zkušebního vzorku po sloupku S PROŠITÍM	
	Do plochy	Do hrany
Doba dohořívání plamene	0,4	0,8
Doba dohořívání žhnutí	0,1	6,1
Doba prohoření nitě	0	0
Údaje o zkoušce (ŠEDÝ VZOREK)	Orientace zkušebního vzorku po sloupku S PROŠITÍM	
	Do plochy	Do hrany
Doba dohořívání plamene	0,3	0,5
Doba dohořívání žhnutí	0,1	4,8
Doba prohoření nitě	0	0



### ***Vyhodnocení zkoušky***

Z výsledků je zřejmé, že plošné textilie opět nevykazovaly žádné nežádoucí vlastnosti v podobě škvareň či šíření plamene po vzorku. Ani šicí nit nevykazovala žádné hořlavé negativní vlastnosti ba naopak, při podrobení zkoušky dopadla na výbornou. Po dobu 10 sekund co plamen působil na šicí nit, nit nehořela ani nepraskala, jen změnila svou barvu z tmavě modré na světle růžovou.

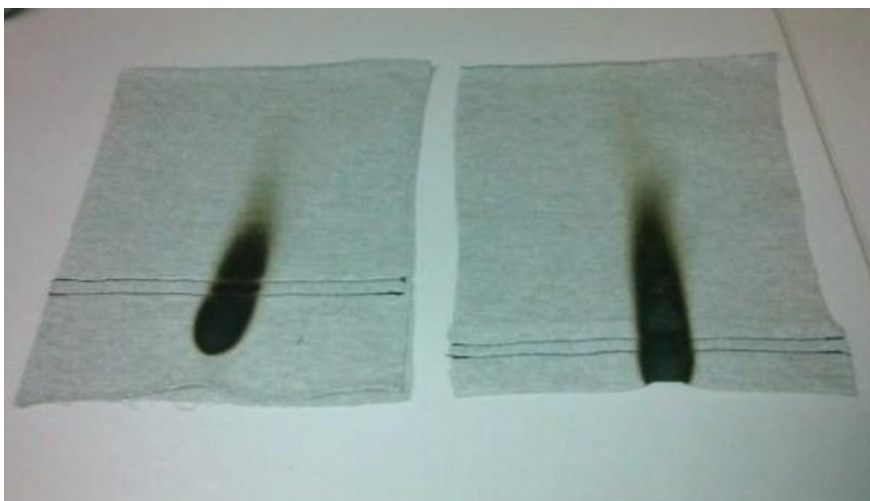
V tabulce 7 je zjevné, že ani při prošití směsových textilií neztrácejí vzorky požadované vlastnosti. Ani šicí nit nevykazovala známky poškození. Jak vypadaly vzorky po dokončení zkoušky, můžeme vidět na *Obr. 32*, *Obr. 33*, *Obr. 34*.



***Obr. 32:*** Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u modrého vzorku



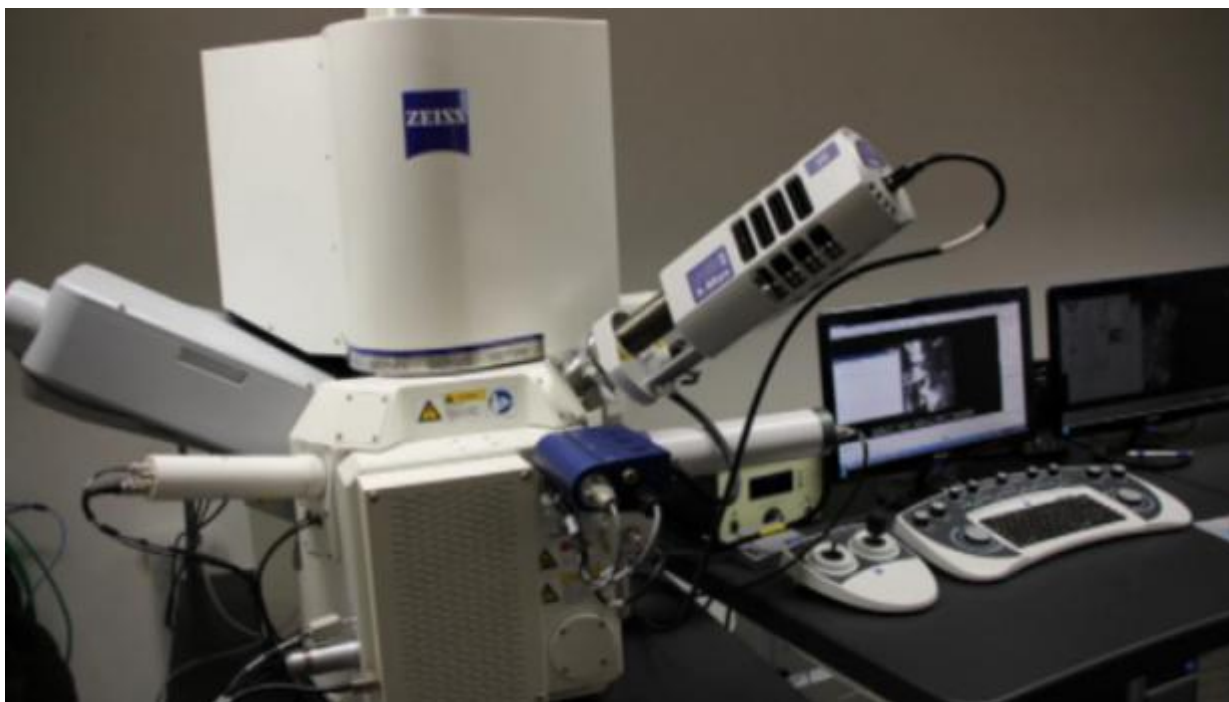
***Obr. 33:*** Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u zeleného vzorku



*Obr. 34: Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u šedivého vzorku*

### **2.3. Analýza zkušebních vzorků směsových textilií pod rastrovacím mikroskopem**

Vzorky zkoušených pletenin, byly analyzovány na rastrovacím elektronovém mikroskopu ZEISS ULTRA PLUS s mikroanalýzou OXFORD, který umožňuje plastické zobrazení vláken a jejich povrchových částí. Obr. 35 [32].



*Obr. 35: Rastrovací mikroskop [32]*

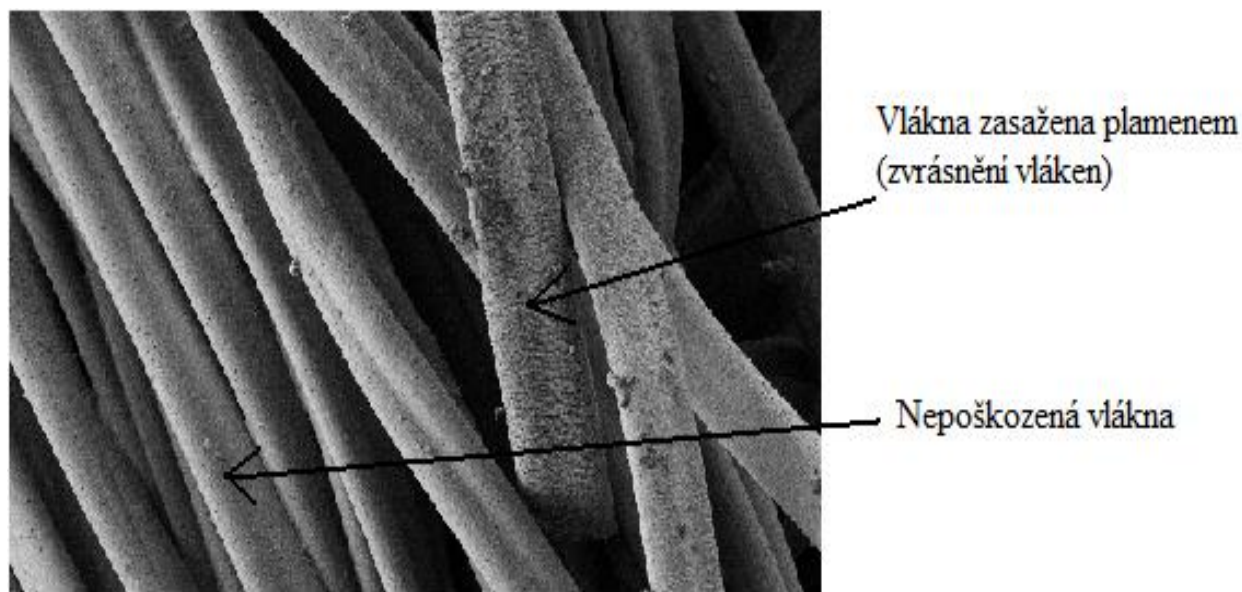
### ***Princip metody***

Rastrovací elektronový mikroskop pracuje následujícím způsobem. Po buňce se pohybuje na způsob řádků úzký svazek primárních elektronů. Každý bod vlákna, který je jimi zasažen, vysílá sekundární elektrony, rentgenové nebo jiné druhy záření. Druh a intenzita tohoto sekundárního záření závisí na složení objektu v místě zásahu a je využívána k řízení světelnosti odpovídajícího obrazového bodu na obrazovce monitoru. Obraz tedy vzniká postupně prostřednictvím řádkovacího rastru.

### ***Příprava vzorků***

Zkušební vzorek o rozměru 100 mm x 100 mm, byl zachycen na uhlíkovou pásku tak, aby bylo vidět, co se stalo s šicí nití a s vlákny, které byly zasaženy plamenem a s vlákny, které nebyly zasaženy plamenem. Vzorky byly pokoveny vrstvou zlata, tak aby byly dostatečně kontrastní, poté se umístily do rastrovacího mikroskopu, který zaznamenává tvar a strukturu vláken. Vše se řídilo pomocí počítačového programu ZEISS.

### ***Šicí nit pod rastrovacím mikroskopem***



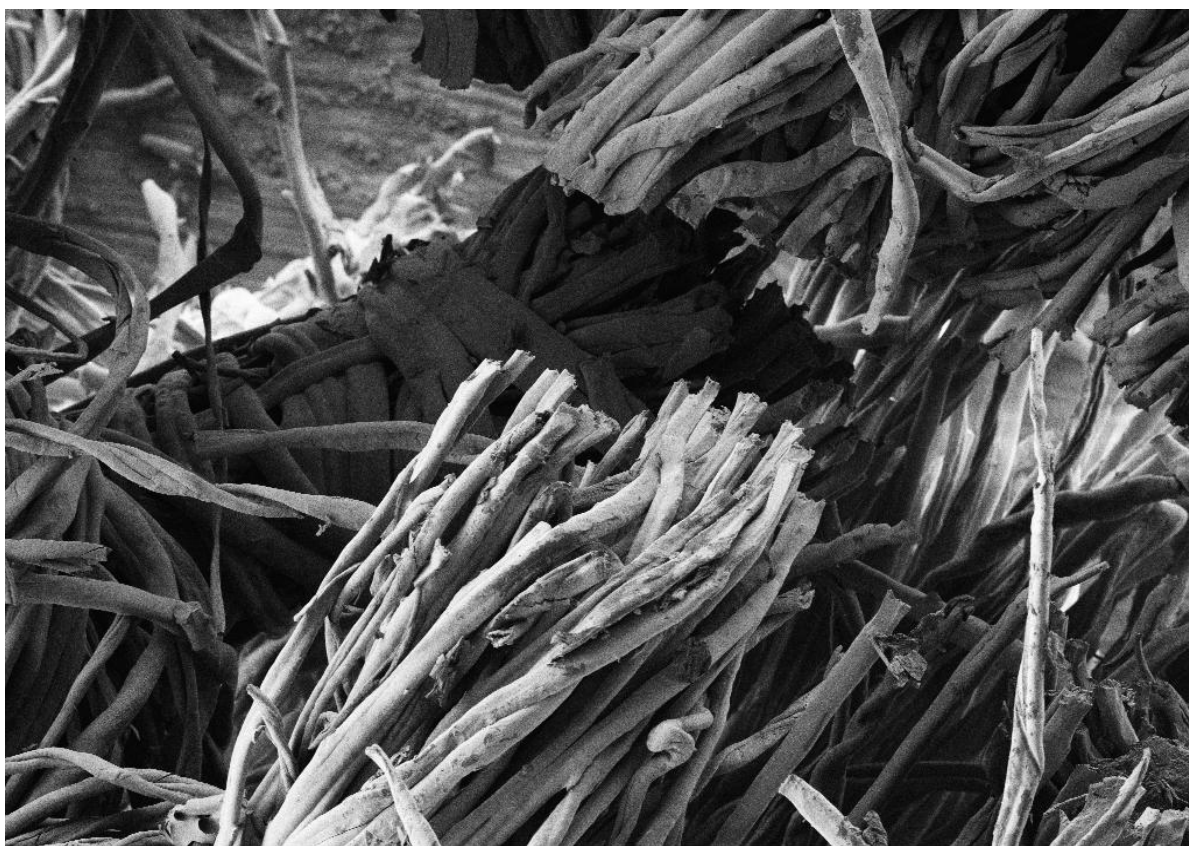
***Obr. 36:*** Zobrazení šicí nitě pod rastrovacím mikroskopem. Zvětšeno 150 x

Vyobrazení mikroskopické analýzy vzorku šicí nitě je na Obr. 36. Na rastrovacím mikroskopu bylo zaznamenáno, co se stalo s šicí nití po podrobení zkoušce dle normy ČSN EN ISO 15025 šíření plamene do plochy a hrany. Po prozkoumání vzorku pod rastrovacím mikroskopem, bylo usouzeno, že šicí nit nevykazuje žádné nežádoucí vlastnosti. Na fotografii vidíme, že vlákna šicí nitě zůstala skoro nepoškozena, nedocházelo k praskání či drolení

vláken. Jediné co vlákna vykazovala, bylo menší zvrásnění, ale ani to nedeformovalo šicí nit. Je to pravděpodobně způsobeno vlákněným složením. Jelikož šicí nit obsahuje 90 % modakrylového vlákna a 10 % EPI, což dává niti neobyčejné vlastnosti. Jediné co se stalo s šicí nití, po působení plamene bylo to, že změnila svou barvu z tmavě modré na světle růžovou.

Šicí nit, která se používá pro výrobu funkčního prádla pro hasiče dokázala, že je dostatečně odolná vůči přímému plameni a že je díky svému složení a vlastnostem nenahraditelnou složkou pro šití speciálních oděvu pro hasiče.

### ***Modrý vzorek pod rastrovacím mikroskopem***



***Obr. 37: Zobrazení ohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u zátažné obouliční pleteniny.  
Zvětšení 150 x***

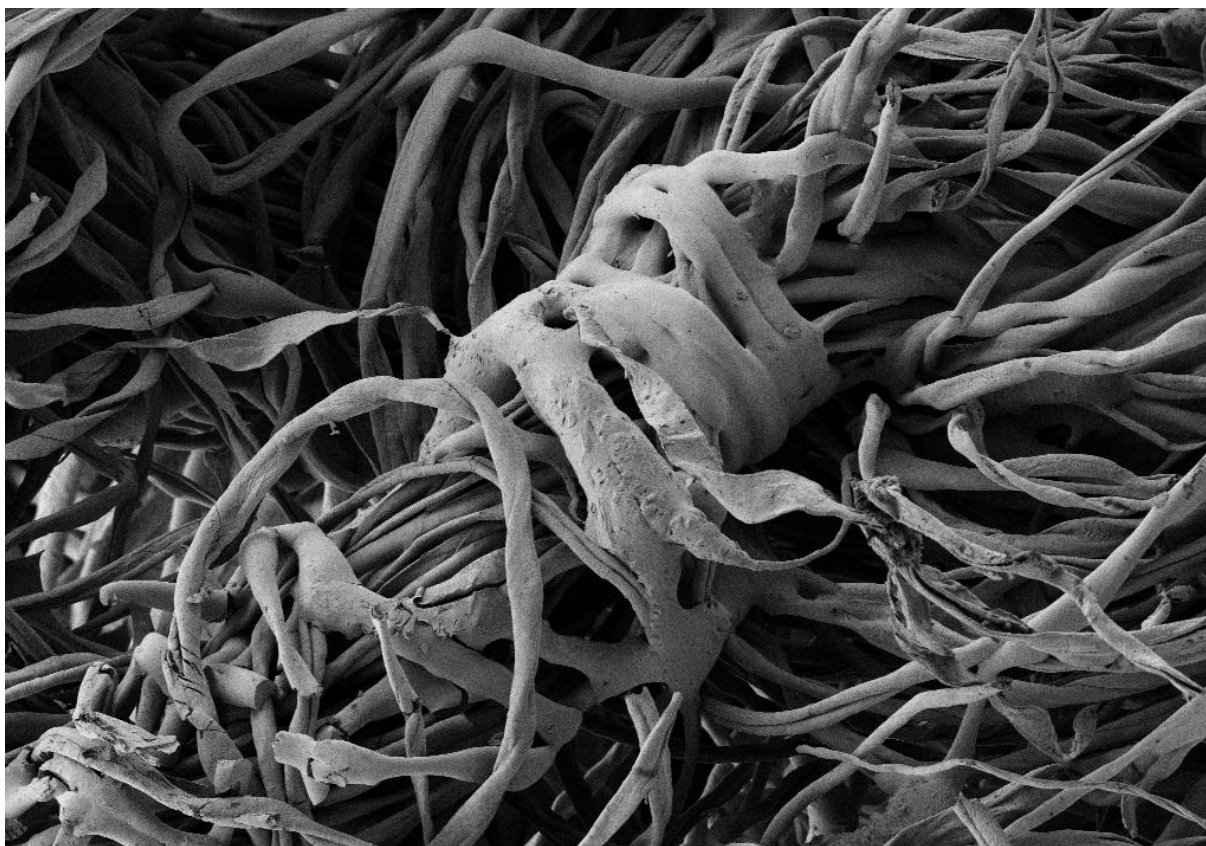
Vyobrazení mikroskopické analýzy vzorku zátažné obouliční pleteniny je Obr. 37. Rastrovací mikroskop zachytil plastické zobrazení popálených a nepopálených vláken. Po prozkoumání vzorku, bylo patrné, že pletenina, která obsahuje 40 % bavlněných a 60% modakrylových vláken, měla velkou tendenci praskání a menší deformování vláken. Z fotografie je zřejmé, že vlákna, která byla zasažena přímým plamenem, popraskala a tak znehodnotila pleteninu. Dále vidíme, že bavlněná vlákna, která by za normálních podmínek



automaticky shořela, odolávala plameni, jelikož byla upravena speciální technologií. Tato pletenina měla největší tendenci drolení při manipulaci se vzorkem. Bylo to pravděpodobně způsobeno vlákenným složením a strukturou pleteniny.

Zátěžná obouliční pletenina, která se používá na výrobu funkčního prádla pro hasiče prokázala, že je schopna odolávat působením plamene, ale při další manipulaci má tendenci drolení. Ovšem ani tento malý nedostatek textilie, není důvodem pro zavržení. Pletenina je výjimečná a díky svým vlastnostem je vhodná pro použití funkčního prádla pro hasiče.

#### ***Zelený vzorek pod rastrovacím mikroskopem***



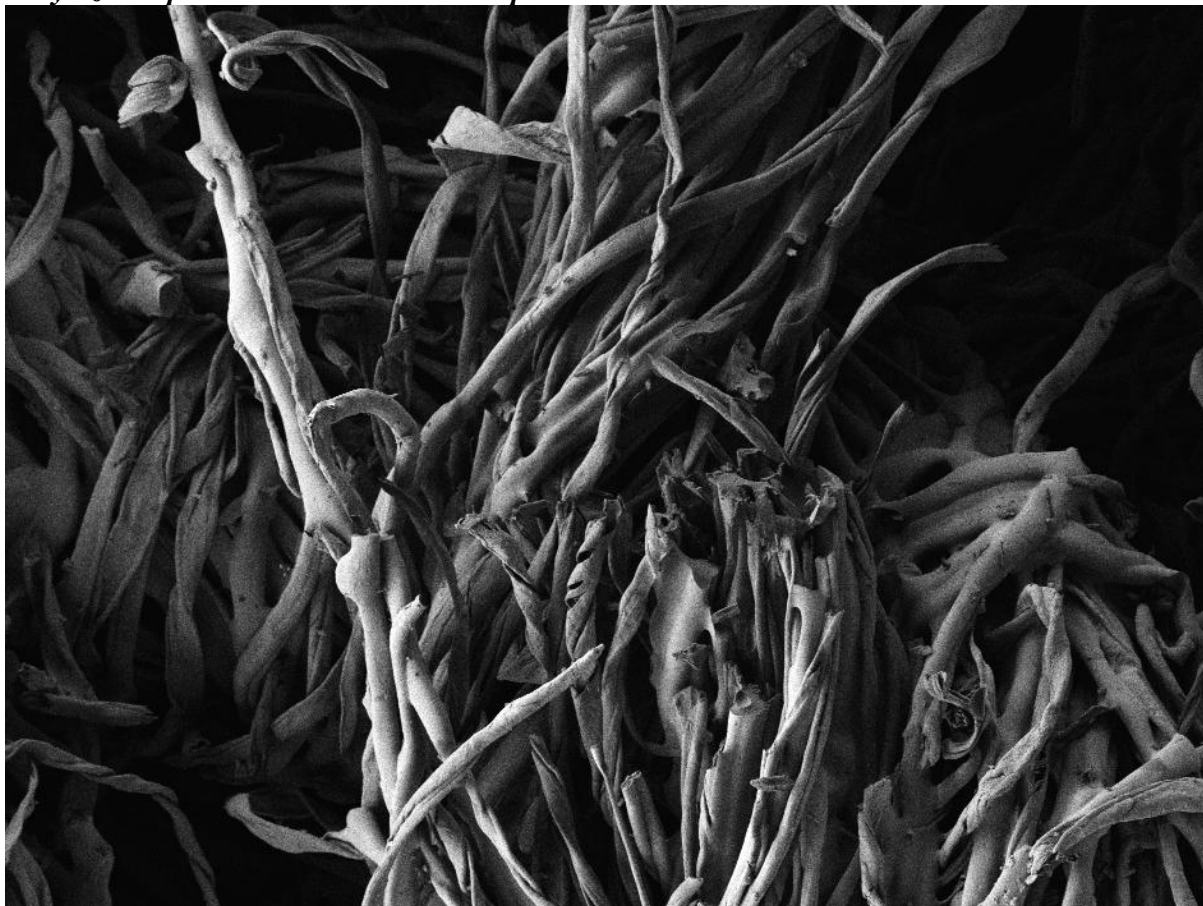
***Obr. 38: Zobrazení ohořelých a neohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u zátěžné obouliční pleteniny žebrové. Zvětšení 150 x***

Vyobrazení mikroskopické analýzy zátěžné obouliční pleteniny žebrové je na Obr. 38. Na rastrovacím mikroskopu, byla zachycena popálená a nepopálená vlákna. Pletenina, které byla podrobována zkoušce šíření plamene do plochy a hrany, byla vyrobena bezvřetenovou přízí, a proto na fotografii vidíme ovinek, který je uprostřed. Na fotografii v levém dolním rohu můžeme vidět popálená vlákna, která kvůli působení plamene popraskala. Jelikož pletenina obsahuje 50% modakrylových, 40% bavlněných a 10% epitropických vláken, měla pletenina výbornou odolnost vůči ohni. Vláknům vykazovala také poškození v podobě praskání

a drolení, ale ne tak značné, jako u první pleteniny. Textilie nevykazovala žádné negativní vlastnosti v podobě škváření či hoření. I v tomto případě, byla bavlněná vlákna upravena speciální technologií, která dodávala vláknům nehořlavou úpravu.

Pletenina, která se používá na výrobu funkčního prádla pro hasiče, byla schopna odolávat přímému plameni a díky svým vlastnostem prokázala, že je vhodná pro výrobu funkčního prádla pro hasiče.

***Šedý vzorek pod rastrovacím mikroskopem***



***Obr. 39 Zobrazení ohořelých a neohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u jednolící pleteniny s výplňovou nití. Zvětšení 150 x***

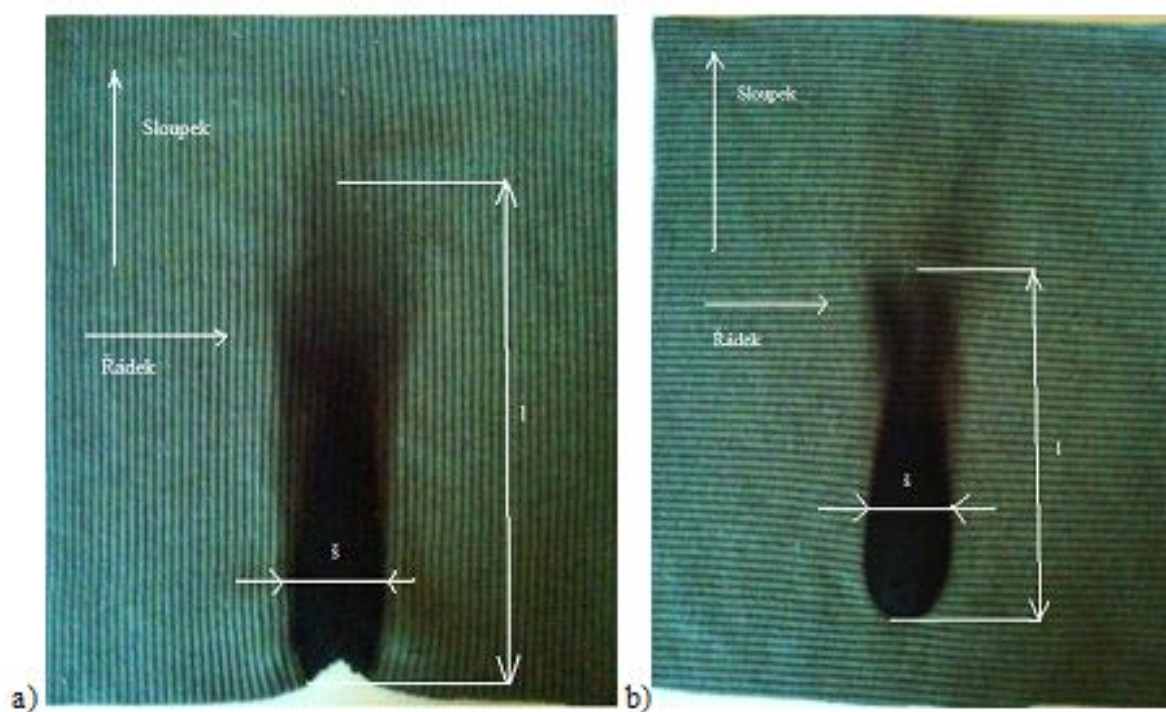
Vyobrazení mikroskopické analýzy jednolící pleteniny je na Obr. 39. Na rastrovacím mikroskopu, byla zachycena vlákna, která byla zasažena plamenem. Vlákna po zasažení plamene nevykazovala žádné negativní vlastnosti v podobě škváření či hoření. Vlákna měla tendenci praskání a při manipulaci se částečně drolila, hlavně u vzorků, které byly podrobeny zkoušce šíření plamene do hrany. Pletenina měla stejné složení, jako zelený vzorek a proto vykazovala poměrně stejné vlastnosti. Na fotografii vidíme, jak se poškozená vlákna

popraskala a částečně se i zdeformovala a zvrásněla. V pletenině byla, opět obsažena bavlněná vlákna, která byla upravena.

Pletenina prokázala, že je vhodná na výrobu funkčního prádla pro hasiče.

## 2.4. Vyhodnocení výsledků zkoušek směsových textilií použité na funkční prádlo

Na zkušebních vzorcích byly změřeny délky a šířky prohoření, po lící straně Obr. 40. Výsledky měření byly statisticky zpracovány v prostředí tabulkového procesoru EXCEL a byly stanoveny: Průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, variační koeficienty a intervaly spolehlivosti. Výsledky jsou zaznamenané v tabulkách 8, 9.



**Obr. 40:** Schéma měření - Délka a šířek prohoření u zkušebních vzorků, podrobené zkouše dle normy ČSN EN ISO 15025

Kde

***l*** – Délka prohoření

***š*** – šířka prohoření

a) Délka prohoření a šířka prohoření v působení plamene do hrany

b) Délka prohoření a šířka prohoření v působení plamene do plochy

**Tab. 8** Délka prohoření do plochy a hrany u všech tří zkušebních vzorků

DĚLKA PROHOŘENÍ DO PLOCHY (CM)										
Po sloupku						Po řádku				
Měření (cm) Modrý vzorek	10,9	11,1	10,5	10,9	11	9,1	9	9,3	9,1	9,7
Průměr	10,9					9,2				
Směr. odchylka	4,29					3,46				
Interval spol.	1,48					1,04				
Variační koefic.	39,41					37,43				
Měření (cm) Zelený vzorek	15,9	16,1	16	15,2	16,1	15,6	15	15,1	14,9	15,6
Průměr	15,9					15,2				
Směr. odchylka	6,86					6,54				
Interval spol.	2,07					1,98				
Variační koefic.	43,28					42,92				
Měření (cm) Šedý vzorek	11,2	13,3	11,9	11,4	12,2	16,3	15,8	13,9	14,8	15,2
Průměr	12,0					15,2				
Směr. odchylka	4,89					6,54				
Interval spol.	1,48					1,97				
Variační koefic.	40,75					43,06				
DĚLKY PROHOŘENÍ DO HRANY (CM)										
Po sloupku						Po řádku				
Měření (cm) Modrý vzorek	12,4	12,8	13	12,9	13,1	9,7	10	10,1	9,9	10,6
Průměr	12,8					10,1				
Směr. odchylka	5,30					3,87				
Interval spol.	1,56					1,10				
Variační koefic.	41,24					38,51				
Měření (cm) Zelený vzorek	16,9	16,8	15,5	16,1	15,9	16,1	14,7	15,2	14,7	14,9
Průměr	16,2					15,1				
Směr. odchylka	7,07					6,49				
Interval spol.	2,13					1,96				
Variační koefic.	43,53					42,90				
Měření (cm) Šedý vzorek	7,9	8,9	9,3	9,8	9,5	9,3	9,1	8,7	8,5	8,9
Průměr	9,1					8,9				
Směr. odchylka	3,41					3,29				
Interval spol.	1,03					1,01				
Variační koefic.	37,54					36,97				



**Tab. 9** Šířka prohoření do plochy a hrany u všech tří zkušebních vzorků

ŠÍŘKA PROHOŘENÍ DO PLOCHY (CM)										
Po sloupku						Po řádku				
Měření (cm) Modrý vzorek	2,5	2,6	3	2,6	2,5	2,2	2,1	2,3	2,6	2
Průměr	2,6					2,2				
Směr. odchylka	0,15					0,11				
Interval spol.	0,05					0,04				
Variační koefic.	6,01					4,96				
Měření (cm) Zelený vzorek	2,8	2,8	3	3,1	2,9	2,6	2,7	3	2,6	2,8
Průměr	2,9					2,7				
Směr. odchylka	0,21					0,17				
Interval spol.	0,07					0,05				
Variační koefic.	7,12					6,11				
Měření (cm) Šedý vzorek	2,8	2,6	2,7	2,7	3,1	2,6	2,7	2,8	2,9	2,8
Průměr	2,8					2,8				
Směr. odchylka	0,19					0,18				
Interval spol.	0,06					0,05				
Variační koefic.	6,92					6,88				
ŠÍŘKA PROHOŘENÍ DO HRANY (CM)										
Po sloupku						Po řádku				
Měření (cm) Modrý vzorek	2,6	2,1	2,3	2,5	2,3	1,8	2,1	2,3	2,4	1,9
Průměr	2,4					2,1				
Směr. odchylka	0,14					0,10				
Interval spol.	0,04					0,03				
Variační koefic.	5,95					4,73				
Měření (cm) Zelený vzorek	3,1	2,9	3	3,5	3,1	3	2,8	2,9	2,6	2,6
Průměr	3,1					2,8				
Směr. odchylka	0,23					0,18				
Interval spol.	0,07					0,05				
Variační koefic.	7,31					6,43				
Měření (cm) Šedý vzorek	4,5	4,6	3,9	4,7	3,8	3,6	3,5	3	3,4	3,7
Průměr	4,3					3,4				
Směr. odchylka	0,42					0,27				
Interval spol.	0,13					0,08				
Variační koefic.	9,73					7,85				

### ***Vyhodnocení statistických měření zkušebních vzorků***

Z výsledků naměřených délek a šířek prohoření zkoumaných vzorků je zřejmé, že při podrobování zkoušce šíření plamene do plochy a hrany, délky i šířky propálení byly rozdílné. Jak je patrné z tabulek, tak délky prohoření byly pokaždé delší při působení plamene do hrany a po sloupku. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že plamen na vzorek působí v dolním okraji a tím pádem má plamen větší možnost působení. Šířky propálení jsou, většinou podobné, jen u šedého vzorku je šířka propálení menší, bylo to způsobeno pravděpodobně vlákněným složením textilie.

Všechny tři vzorky textilie prokázaly, že jsou dostatečně odolné vůči působení plamene a že jejich použití na funkční prádlo pro hasiče je zvolené správně.

## ZÁVĚR

Na základě podkladů o speciálních směsových textiliích a díky spolupráci s firmou VBÚ a. s. významnou společností v oblasti výroby a distribuce pracovních oděvů, která nám poskytla zkušební materiál, byla vypracována bakalářská práce. Cílem práce bylo, porovnat relativně stejné materiály tří směsových textilií s vlákny Protex-M a posoudit, zda jsou správně zvolené a odolné proti působení plamene na výrobu funkční spodní prádlo pro hasiče.

V teoretické části byla charakterizována vlákna, která se používají pro výrobu funkčního prádla pro hasiče a také firmy, které tyto oděvy vyrábějí. Dále byl nastíněn stručný popis přístroje Autoflamm, který byl používán v praktické části na měření hořlavosti textilií a také Limitní kyslíkové číslo, které určuje relativní hořlavost vláken.

V rámci praktické části, byly směsové textilie podrobně prozkoumány z hlediska jejich tloušťky, hustoty, konstrukce, vazby a vlákenného složení. Poté se textilie podrobily zkoušce hořlavosti dle normy ČSN EN ISO 15025. U textilií byly provedeny zkoušky šíření plamene do plochy a hrany při krátkodobém kontaktu s malým plamenem za řízených podmínek. Dále byly směsové textilie prošity speciální šicí nití s cílem zjistit, jak se chová textilie, která je prošitá odpovídajícími nitěmi při působení plamene. Vzorky poté byly prozkoumány na rastrovacím mikroskopu, tak aby bylo vidět, co se stalo s vlákny, které byly zasaženy plamenem. Dále byly změřeny délky a šířky prohoření a vše bylo vyhodnoceno.

Výsledky zkoušek svědčí o tom, že jednovrstvé a dvouvrstvé prošité směsové textilie zabráňují šíření plamene a nevykazují tání či odkapávání materiálu. U žádného ze zkušebních vzorků nedošlo po zhasnutí plamene ke vznícení materiálu, ani k výraznému rozšíření hoření na vzorku. Nevytvořily se otvory, ani se neuvolnila jakákoli hořící částice. Z výsledků zkoušek je patrné, že směsové textilie, odolávají na krátký čas působení plamene a nemají tendenci hoření. Z průměrů, které byly vypočítány je znatelné, že všechny tři textilie mají podobné vlastnosti a tím pádem i výsledky zkoušek jsou podobné. Jediný znatelný rozdíl projevily zkušební vzorku při podrobování šíření plamene do hrany. Zde se výsledky lišily delší dobou žhnutí v dolním okraji vzorku. U všech tří směsových textilií byly průměrné hodnoty vyšší. Zvýšené časy jsou způsobené tím, že okraj textilie nebyl zapraven přehnutím, zahnutím nebo prošitím textilie. Na výsledky má také nemalý vliv vyšší procento obsahu vlákna Protex- M, ale také tloušťka textilie, druh a struktura textilie.

Při zkoušce, kdy byly směsové textilie prošity speciální šicí nití, bylo prokázáno, že šicí nit, která obsahovala 90% modakrylového vlákna a 10% EPI má neobyčejné vlastnosti a

díky tomu nepopraskala a neměla tendenci hoření. Jediné co se stalo s šicí nití, bylo, že změnila svou barvu z tmavě modré na světle růžovou.

Pod rastrovacím mikroskopem byly vidět ohořelé části a také patrný rozklad vláken, které byly zasaženy plamenem. Vlákná, která byla obsažena ve směsoých textiliích, byla upravena speciální nehořlavou úpravou a díky tomu zkoušky vykazovaly výborné výsledky.

Zasažená místa zkušebních vzorků zuhelněla a při další manipulaci se místa vydrolila. Toto poškození textilie je nevratné. Aby bylo možno oděv znovu použít k zásahu, je nutné jej opravit. Záleží však na procentu zasažení oděvu.

Zkoumané směsové textilie dodávají veškeré předpoklady, aby člověk získal dostatek času k tomu, aby se dostal do bezpečného prostředí a tím pádem zabránil popálení či uhoření. Textilie prokázaly výbornou odolnost proti působení plamene a díky jejich vlastnostem, jsou nenahraditelnou složkou při ochraně lidského života v extrémních podmínkách.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Odborná konzultace s Davidem Kořínkem z Hasičského záchranného sbor Libereckého kraje.
- [2] DVOŘÁK, Otto. Ochranné oděvy pro hasiče – vlastnosti, zkoušení, praktické používání a certifikace. Praha: Ministerstvo vnitra – ředitelství HZS ČR, 2002. 15 s.
- [3] MICHALÍČKOVÁ, Iva. Hasičský záchranný sbor Libereckého kraje. Liberec: 2012. 101 s.
- [4] Hasiči [online] [cit. 12.12.2012] URL:<  
<http://forum.hasici-cr.cz/viewtopic.php?f=7&t=9>
- [5] Obleky pro hasiče [online] [cit. 12.12.2012] URL:<  
<http://www.pobozp.com/obleky.pdf>
- [6] Zásahové oděvy [online] [cit. 12.12.2012] URL:<  
<http://www.krcmarasyn.cz/produkty/odevy-zasahove-obleky.htm>
- [7] Funkční prádlo [online] [cit. 13.12.2012] URL:<<http://www.pozary.cz/clanek/61687-nehorlave-funkcni-pradlo-devold-spirit-testovalihasici>
- [8] Union Carbide Corporation modacrylic fiber [online] [cit.6.1.2013] URL:<  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Union\\_Carbide](http://en.wikipedia.org/wiki/Union_Carbide)
- [9] Modacrylic fiber [online] [cit.6.1.2013] URL:<  
<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&tl=cs&u=http%3A%2F%2Ftextilelearner.blogspot.com%2F2011%2F08%2Fwhat-is-modacrylic-fiber>
- [10] Modacrylic fiber [online] [cit.6.1.2013] URL:<  
[http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/nielson/0471606405/supplementary/Manufactured\\_Fiber\\_Timeline.pdf](http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/nielson/0471606405/supplementary/Manufactured_Fiber_Timeline.pdf)
- [11] ŠVÉDOVÁ, Jarmila. Studie o dalším vývoji a aplikaci chemických vláken pro technické a speciální účely. Šumperk: Výzkumný ústav vláken, 1980. 45 s.
- [12] DuPont [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://www2.dupont.com/personal-protection/en-us/dpt/nomex-fibers.html>
- [13] Nomex fibers [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://www2.dupont.com/personal-protection/en-us/dpt/nomex.html>
- [14] DuPont Kevlar fiber [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kevlar>
- [15] Kevlar fiber [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://www.gared.cz/materialy.html>

- [16] Firemní literatura firmy DEVA F-M. s.r.o.: Používané materiály zásahových obleků DEVA a další propagační materiály, DEVA F-M. s.r.o., 2006.
- [17] DEVA F-R[online] [cit.6.1.2013] URL:<  
<http://www.deva-fm.cz/sortiment.php?pid=81>
- [18] ZAHAS s.r.o.[online] [cit.6.1.2013] URL:<  
<http://qishop.zahas-sro.cz/19-Osobni-vystroj-a-vyzbroj/Ochranne-odevy-pro-hasice>
- [19] Vochoc s.r.o. [online] [cit.6.1.2013] URL:<  
[http://www.clevertex.cz/fire/artur\\_triko\\_dlouhe.php#clevertex\\_banner](http://www.clevertex.cz/fire/artur_triko_dlouhe.php#clevertex_banner)
- [20] KOZOVÁ, R.: *Diplomová práce – Ochranné oděvy a pomůcky pro hasiče a záchranáře*. Technická Univerzita Liberec – Fakulta textilní, 2002
- [21] LOI Limiting Oxygen Index [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://www.dynisco.com/limiting-oxygen-index-analyzer--loi->
- [22] Limiting Oxygen Index [online] [cit.9.1.2013] URL:<  
<http://www.youtube.com/watch?v=i0lTgPsYzUo>
- [23] Firemní literatura firmy DuPont: *Ochrana proti žáru a plameni*. DuPont, 2000.
- [24] THERMO-MAN [online] [cit.13.1.2013] URL:<  
<http://www.dpp-europe.com/-Mechanicke-vlastnosti-textilie,2865-.html?lang=cz>
- [25] ČSN EN ISO 6940 *Zjišťování snadnosti zapálení svisle umístěných vzorků*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 24 s.
- [26] ČSN EN ISO 15025 (832750). *Ochranné oděvy – Ochrana proti teplu a ohni – Metoda zkoušení pro omezené šíření plamene*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 24 s.
- [27] AUTOFLAMM SLD ATLAS [online] [cit.28.1.2013] URL:<  
<http://www.sdlatlas.com/>
- [28] ČSN EN 15614 *Ochranné oděvy pro hasiče – Laboratorní metoda, zkoušení a technické požadavky na provedení oděvy pro likvidaci požáru v otevřeném terénu*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 20s.
- [29] BLAŽKOVÁ, Lenka. *Názvoslovný katalog pletenin*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. 25 l.
- [30] ČSN EN ISO 6942 (832744) *Ochranné oděvy- ochrana proti teplu a ohni. Zkušební metoda: Hodnocení materiálu a kombinací materiálu vystavených sálavému teplu*. Praha: Český institut, 2003. 16s.
- [31] Hořlavost [online] [cit. 18. 3. 2013] URL:<  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Ho%C5%99lavost\\_textili%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ho%C5%99lavost_textili%C3%AD)

- [32] Rastrovací mikroskop [online] [cit. 1.5. 2013] URL:<  
[http://www.google.cz/search?hl=cs&q=rastrovac%C3%AD+elektronov%C3%BD+mi  
kroskop&sa=X&ei=74eDUebEGoniOreCgJgJ&ved=0CC0QvQ4&biw=1366&bih=62](http://www.google.cz/search?hl=cs&q=rastrovac%C3%AD+elektronov%C3%BD+mikroskop&sa=X&ei=74eDUebEGoniOreCgJgJ&ved=0CC0QvQ4&biw=1366&bih=62)

## SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

<i>Tab. 1 Tabulka vláken s procentem kyslíku [21] .....</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 2 Rozbor zátažné obouliční pleteniny .....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 3 Rozbor zátažné obouliční pleteniny žebrové .....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 4 Rozbor jednolichní pleteniny s výplňkovou nití .....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 5 Údaje o zkoušce šíření plamene do plochy .....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 6 Údaje o zkoušce šíření plamene do hrany .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 7 Údaje o zkoušce šíření plamene do plochy a hrany s prošitím .....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 8 Délka prohoření do plochy a hrany u všech tří zkušebních vzorků .....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 9 Šířka prohoření do plochy a hrany u všech tří zkušebních vzorků .....</i>	<i>45</i>



## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1: Skladba jednotlivých vrstev zásahového obleku pro hasiče[2] .....	9
Obr. 2: Kompletní zásahový oblek [2] .....	10
Obr. 3: Modakrylové vlákno „Protex M“ [9] .....	13
Obr. 4: Ukázka funkčního prádla pro hasiče od firmy DEVA F-M s.r.o. [17] .....	15
Obr. 5: Ukázka funkčního prádla pro hasiče od firmy VBÚ a.s. [18] .....	16
Obr. 6: Umístění figuríny ve zkušební komoře [18] .....	17
Obr. 7: Přístroj M233B AUTOFLAMM SLD ATLAS [27] .....	18
Obr. 8: Přístroj na měření LOI [22] .....	19
Obr. 9: Schéma procesu hoření [31] .....	21
Obr. 10: Zobrazení zátažné oboulící pleteniny – Vzorek 1 .....	23
Obr. 11: Schéma vazby zátažné oboulící pleteniny .....	23
Obr. 12: Zobrazení zátažné oboulící pleteniny žebrové - Vzorek .....	24
Obr. 13: Schéma vazby oboulící pleteniny žebrové .....	24
Obr. 14: Zobrazení jednolící pleteniny s výplňkovou nití - Vzorek 3 .....	25
Obr. 15: Schéma jednolící pleteniny s výplňkovou nití .....	26
Obr. 16: Zobrazení šicí nitě .....	26
Obr. 17: Zobrazení nitě pod mikroskopem a) podélném směru b) příčném řezu .....	27
Obr. 18: Schéma působení plamene do plochy u zkušební vzorku [26] .....	28
Obr. 19: Fotografie působení plamene do plochy u modrého vzorku .....	28
Obr. 20: Fotografie působení plamene do plochy u zeleného vzorku .....	28
Obr. 21: Fotografie působení plamene do plochy na šedivý vzorek .....	29
Obr. 22: Šíření plamene do plochy na zkušební vzorky po sloupku .....	29
Obr. 23: Šíření plamene do plochy na zkušební vzorky po řádku .....	29
Obr. 24: Schéma působení plamene do hrany u zkušební vzorku [26] .....	31
Obr. 25: Fotografie působení plamene do hrany u modrého vzorku .....	32
Obr. 26: Fotografie působení plamene do hrany u zeleného vzorku .....	32
Obr. 27: Fotografie působení plamene do hrany u šedivého vzorku .....	32
Obr. 28: Šíření plamene do hrany na zkušební vzorky po sloupku .....	33
Obr. 29: Šíření plamene do hrany na zkušební vzorky po řádku .....	33
Obr. 30: Fotografie zkušebních vzorků prošitých speciální šicí nití pro šíření plamene do plochy .....	35

<i>Obr. 31: Fotografie zkušebních vzorků prošitých speciální šicí nití pro šíření plamene do hrany.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 32: Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u modrého vzorku .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 33: Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u zeleného vzorku .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 34: Fotografie zkušebních vzorků po působení plamene do plochy a hrany u šedivého vzorku .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 35: Rastrovací mikroskop [32] .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 36: Zobrazení šicí nitě pod rastrovacím mikroskopem. Zvětšeno 150 x.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 37: Zobrazení ohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u zátažné obouliční pleteniny. Zvětšení 150 x .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 38: Zobrazení ohořelých a neohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u zátažné obouliční pleteniny žebrové. Zvětšení 150 x.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 39 Zobrazení ohořelých a neohořelých vláken pod rastrovacím mikroskopem u jednolichní pleteniny s výplňkovou nití. Zvětšení 150 x .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 40: Schéma měření - Délka a šířka prohoření u zkušebních vzorků, podrobené zkouše dle normy ČSN EN ISO 15025 .....</i>	<i>43</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

- |           |   |
|-----------|---|
| Příloha 1 | Ukázka zkušebního vzorek zátěžné obouliční pleteniny žebrové, po působení plamene do plochy po řádku  |
| Příloha 2 | Ukázka zkušebního vzorku zátěžné obouliční pleteniny žebrové, po působení plamene do hrany po sloupku |

## **Příloha 1**

Ukázka zkušebního vzorku zátěžné oboulící pleteniny žebrové, po podrobení zkoušky šíření  
plamene do plochy po řádku

## **Příloha 2**

Ukázka zkušebního vzorku zátěžné obouliční pleteniny žebrové, po podrobení zkoušky šíření  
plamene do hrany po sloupku

